

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.Ф. Луговський
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2020 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

з спеціальності **131 Прикладна механіка**

_____ (код і назва)

на тему: Гідравлічна система для витяжки кріплення рознімних з'єднань _

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-61-2
(шифр групи)

Богуславський Олександр Вікторович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник ст.викл., к.т.н., Костюк Д. В. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці ст.викладач Ковтун А.І. _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н., доц. Кореньков В.М. _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 рік

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут механіко-машинобудівний
(повна назва)

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки
(повна назва)

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський)

Спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис) О.Ф. Луговський
(прізвище ініціали)
“ ____ ” _____ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту**

Богуславський Олександр Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Гідравлічна система для витяжки кріплення рознімних з'єднань

керівник проекту Костюк Дмитро Вікторович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від “ 20 ” травня 2020 року № 1120-с

2. Термін подання студентом проекту 11.06.2020

Вихідні дані до проекту Різьба М64, зусилля створюване циліндром 1500 кН, габаритний діаметр 180 мм.

4.Зміст пояснювальної записки Вступ, огляд інформаційних джерел по з'єднанням, різьбам та способам затяжки, розрахунок на міцність гідроциліндра, гідравлічний розрахунок схеми, технологія виготовлення деталі, питання охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо)

Схема гідравлічна принципова, складальне креслення, креслення деталей силового гідроциліндра

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	ст.викл. Ковтун А.І.		
2. Технологія машинобудування	доц. Кореньков В.М.		

7. Дата видачі завдання _____ 01.03.2020 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Отримання завдання	01.03.2020	виконано
2.	Аналіз існуючих конструкцій	06.04.2020	виконано
3.	Розробка гідравлічної схеми	20.04.2020	виконано
4.	Розрахунок основних параметрів	11.05.2020	виконано
5.	Розрахунок основних вузлів	15.05.2020	виконано
6.	Розробка креслень деталей	20.05.2020	виконано
7.	Оформлення аркушів	01.06.2020	виконано
8.	Оформлення пояснювальної записки	09.06.2020	виконано

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

ГІДРАВЛІЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИТЯЖКИ КРІПЛЕННЯ
РОЗНІМНИХ З'ЄДНАНЬ
ДП61201.МА00.00.00 ПЗ

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект присвячений розробці працездатної альтернативної конструкції тензорного домкрату для осьової витяжки нарізі в рознімних з'єднаннях.

Структура записки проекту має ввідну частину, теоретичні відомості, а також розрахункову частину.

Основною задачею проекту є реінжиніринг існуючої працездатної конструкції задля її покращення. Перед постановкою задачі нами було проаналізовано існуючі пропозиції тензорних домкратів, що є на ринку не тільки України, а й на Європейському ринку. Основний недолік усіх конструкцій для осьової витяжки – це діаметр пристрою. Особливо це важливо при затяжці відповідальних фланцевих з'єднань. Існуючі аналоги, для обраної нами нарізі (М64х4), мають діаметр корпусу від 200мм до 250мм. Виходячи з вищесказаного, було поставлено задачу зменшити діаметр корпусу тензорного домкрату до максимум 180мм. Ми перевиконали поставлену задачу. Корпус пристрою має діаметр 172мм. Також великою проблемою був тиск, адже абсолютна більшість пристроїв потребують насосної станції, що розрахована на тиск 150МПа. Цю проблему нам також вдалось частково вирішити за рахунок використання гідравлічного мультиплікатора тиску, який дав змогу зменшити ділянку трубопроводу, що проходить під надвисоким тиском.

Ми розробили й накреслили концепт працездатної конструкції, що потребує подальшого тестування, перед випуском серійно.

ANNOTATION

The diploma project is devoted to the development of a workable alternative design of a tensor jack for an axial drawing of a thread in detachable joints.

The structure of the project note has an introductory part, theoretical information, as well as a calculation part.

The main task of the project is to reengineer the existing working structure to improve it.

Before setting the problem, we analyzed the existing proposals of tensor jacks, which are on the market not only in Ukraine but also in the European market. The main disadvantage of all designs for axial hood is the diameter of the device. This is especially important when tightening the responsible flange connections. Existing analogues, for our thread (M64x4), have a diameter of 200 mm to 250 mm. In view of the foregoing, the task was to change the diameter of the tensor jack body to a maximum of 180 mm. The Goal has been exceeded. The body of the device has a diameter of 172 mm. Pressure was also a big problem, because the vast majority of devices require a pump station designed for a pressure of 150 MPa. We also managed to solve this problem in part by using a hydraulic pressure multiplier, which made it possible to reduce the area of the pipeline passing under ultra-high pressure.

We have developed and outlined the concept of a workable design that requires further testing before mass production.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ	2
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. РІЗЬБОВЕ З'ЄДНАННЯ В ГІДРАВЛІЦІ	10
1.1 ТРУБОПРОВІД ТА ЙОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	10
1.2. КЛАСИФІКАЦІЯ ТРУБОПРОВІДІВ	10
1.3. СПОСОБИ З'ЄДНАННЯ ТРУБОПРОВІДІВ	11
1.4. ФЛАНЦЕВЕ З'ЄДНАННЯ	13
РОЗДІЛ 2. ЗАТЯЖКА РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ	16
2.1. ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ	16
2.2. ВИМОГИ ДО ПОПЕРЕДНЬОГО НАВАНТАЖЕННЯ КРІПІЛЬНИХ ВИРОБІВ.	16
2.3. ПОСЛІДОВНІСТЬ ЗАТЯЖКИ КРІПІЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ПРИКЛАДІ ФЛАНЦЯ	18
РОЗДІЛ 3. ОСНОВНІ МЕТОДИ ЗАТЯГУ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ	19
3.1. ПРИКЛАДЕННЯ КРУТНОГО МОМЕНТУ	19
3.1.1. ГІДРАВЛІЧНИЙ ГАЙКОВЕРТ	19
3.1.2. ДИНАММЕТРИЧНІ КЛЮЧІ.	20
3.1.3. МУЛЬТИПЛІКАТОРИ КРУТНОГО МОМЕНТУ	21
3.2. МЕТОД ОСЬОВОЇ ВИТЯЖКИ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ.	22
3.2.1. ТЕНЗОРНИЙ ДОМКРАТ	22
3.2.2. ГІДРАВЛІЧНА ГАЙКА	23
3.2.3. ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ МЕТОДУ ОСЬОВОЇ ВИТЯЖКИ	24
РОЗДІЛ 4. ГІДРАВЛІЧНИЙ МУЛЬТИПЛІКАТОР ТИСКУ	25
РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ТЕНЗОРНОГО ДОМКРАТУ	28
5.1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ МОДЕРНІЗАЦІЇ	28
5.2. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЇ	28
5.3. РОЗРАХУНОК СТІНКИ ГІЛЬЗИ НА МІЦНІСТЬ	30
5.4. РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНОЇ ЧАСТИНИ	31
5.4.1. РОЗРАХУНОК ПЕРЕРІЗУ ТРУБОПРОВІДУ	31
5.4.2. ВИБІР РОБОЧОЇ РІДИНИ	32
5.5. ПІДБІР ГІДРОАПАРАТУРИ	34
5.6. РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНИХ ВТРАТ	35
5.7. СХЕМА ГІДРАВЛІЧНА	39
РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ	41

					<div>ДП61201.МА00.00.00 ПЗ</div> <div>ГІДРАВЛІЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИТЯЖКИ КРІПЛЕННЯ РОЗНІМНИХ З'ЄДНАНЬ</div>				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.		Богуславський							
Пров.		Костюк Д.В.							
Т.контр.									
Н.контр.									
Утв.									
					<div>Литера</div> <div>Масса</div> <div>Масштаб</div> <div>Лист 7</div> <div>Листов 64</div>				

6.1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ	41
6.2. ВИБІР ЗАГОТОВКИ.....	42
6.3. ВИБІР ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ І ТИПОВИХ СХЕМ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ.....	43iii
6.4. ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ	48
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ	49
7.1. ОПИС ПРИМІЩЕННЯ.....	49
7.2. ОСВІТЛЕННЯ	50
7.3 МІКРОКЛІМАТ.....	52
7.4. ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	54
7.5. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА	55
7.6. ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ	55
ВИСНОВОК.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
ДОДАТКИ.....	61

ВСТУП

Із давніх часів людина завжди прагнула підвищити ефективність своїх зусиль всілякими способами. Адже не дарма говорять що людська лінь – це та сила, що направляє людство вперед. Це твердження прямо стосується інженерної сфери в цілому й гідравліки окремо.

По своїй суті більшість гідравлічних машин й механізмів спроектовані задля підвищення ефективності роботи людини в фізичному плані. Прогрес не стоїть на місці, гідравліка, як окремий напрям для розв’язання складних технічних завдань, весь час еволюціонує.

Особливе місце вона посідає в машинобудуванні : від гальмівної системи вашого автомобіля, до реакторів на атомних електростанціях, що потребують прецизійної точності й роботи в агресивних умовах та під великим тиском. Всі з’єднання яких мають бути герметичними та стійкими до навантажень, які виникають під час роботи промислової гідросистеми.

З’єднання відповідальних елементів трубопроводу промислової гідросистеми є окремою задачею, для вирішення якої використовують ряд способів.

В дипломному проекті розглянуто способи з’єднання трубопроводів, окрему увагу приділено фланцевому з’єднанню трубопроводу, як одному з перспективних. Розглянуті варіанти затяжки різьбових з’єднань фланців різних типів і конструкцій. А саме способи затяжки шпильок і болтів максимально ефективними способами.

Проведений аналіз переваг та недоліків такого інструменту як тензорний домкрат (Гідравлічний шпильконатягач) а також проведено розрахунки та запропоновано альтернативну конструкцію даного інструменту. Основна відмінність – це дві робочі камери, що дало змогу зменшити діаметр пристрою, а також гідравлічний мультиплікатор тиску, використання якого дало змогу використати частину обладнання, що розраховано на менший тиск.

РОЗДІЛ 1. РІЗЬБОВЕ З'ЄДНАННЯ В ГІДРАВЛІЦІ

1.1 ТРУБОПРОВІД ТА ЙОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Трубопровід - це інженерна споруда, призначена для транспортування газу або рідини, а також інших твердих речовин у вигляді суспензії під дією різниці тиску у різних перетинах. Головним елементом цього виду транспорту є власне трубопровід (магістраль для перенесення вказаних речовин). На них споруджуються: захисна арматура, контрольно-вимірювальна апаратура, теплоізоляція, компресорні та інші станції, а також монтуються мережі електрозахисту та зв'язку.

Сучасні трубопровідні мережі є складними інженерними спорудами, які включають власне труби (горизонтальні, похилі та вертикальні), засоби з'єднання труб, фасонні частини, трубопровідну арматуру, елементи для підключення контрольно-вимірювальних приладів, засоби захисту від гідравлічних ударів, компенсатори, пристрої для монтажу, експлуатації та ремонту тощо.

Трубопроводи є основним елементом лінійної частини технологічних, промислових та магістральних гідротранспортних систем, які можуть бути складовою частиною технологічного ланцюга гідромеханізованих підприємств (гірничозбагачувальних комбінатів, вуглезбагачувальних фабрик, об'єктів гідротехнічного будівництва і теплоенергетики, паливноенергетичних комплексів і т. і.), а також мати самостійне значення, як частина єдиної транспортної мережі країни. Необхідними експлуатаційними вимогами до трубопроводів є міцність, герметичність та довговічність. [1]

1.2. КЛАСИФІКАЦІЯ ТРУБОПРОВІДІВ

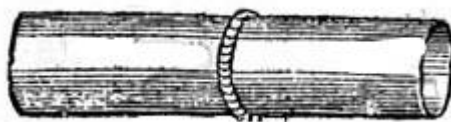
Класифікація трубопроводів йдеться по ряду ознак, таких як: речовина, що транспортується, ступінь агресивності середовища, робочі параметри, тощо. [1]

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

- Рід речовини, що транспортують: промислові трубопроводи поділяють на водопроводи, паропроводи, нафтопроводи, мазутопроводи, бензинопроводи, кислотопроводи, мастилопроводи, а також с трубопроводи спеціального призначення, такі як трубопроводи з підігрівом для густого матеріалу та вакуумпроводи. [1]
- По матеріалу, з якого виготовляються: сталеві (чавунові, із вуглецевої, легованої та високолегованої сталі), із кольорових металів (мідні, латунні, алюмінієві, титанові), неметалеві (поліетиленові, полівінілхлоридні, фторопластові), з покриттям (футеровані гумою, фторопластом, емаллю), біметалеві. [1]
- По тиску речовини, що транспортується: вакуумні (тиск нижче 0.1МПа), безнапорні, низького тиску (до 10МПа), високого тиску (понад 10МПа), надвисокого тиску (понад 100МПа). [1]
- По температурі трубопроводи поділяють на холодні, нормальні й гарячі.
- По ступеню агресивності речовини, що транспортується: неагресивні, малоагресивні, середньоагресивні, агресивні.
- По місцезнаходженню
- По пожежній небезпеці

1.3. СПОСОБИ З'ЄДНАННЯ ТРУБОПРОВОДІВ

З'єднання трубопроводів між собою, з вимірювальною апаратурою, з пристроями автоматики поділяють на роз'ємні та нероз'ємні. До роз'ємних належать фланцеві, муфтові, бугельні, дьорітові, та ін. До нероз'ємних належать ті, що виконуються методом пайки, зварювання, або ж



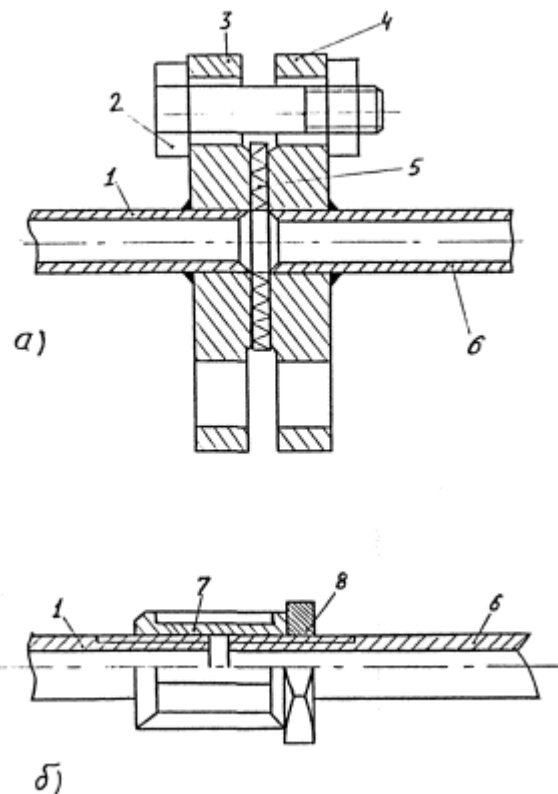
склеювання.[1]

До найрозповсюдженіших нероз'ємних з'єднань належить зварювання трубопроводів в стик

Рис. 1.1. З'єднання трубопроводу зварюванням в стик [2]

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

Перевагою зварювання є дешевизна виготовлення з'єднання та його жорсткість. Недоліком є нероз'ємність, потреба в стапелі для позиціонування труб по осі, залишок в металі напружень після зварювання, не кожен метал піддається зварюванню.



До найрозповсюдженіших роз'ємних з'єднань належить фланцеве та муфтове з'єднання:

Рис. 1.2. Роз'ємні з'єднання: Фланцеве (а), Муфтове (б) [2]

1, 6 – труби, 2 - болт та гайка, 3,4 – фланці, 5 – прокладка, 7 – муфта, 8 - контргайка

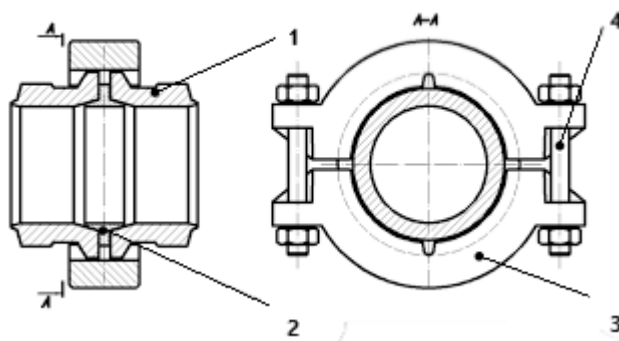
Конструкція фланцевого з'єднання обумовлена залежністю від робочих параметрів речовини, що використовується, матеріала труб, тощо. Фланці можуть бути привареними до труби, або ж встановленими на різьбове з'єднання, використовують також фланці, що вільно сидять на трубі й опираються на кільця, що приварені в торцевих частинах труби

Недоліком фланцевого з'єднання є висока ціна виготовлення, великий розхід металу, менша надійність, порівняно зі зварним з'єднанням, при частій

зміні температури середовища, або тиску в системі, можуть виникати ослаблення конструкції, як наслідок – протікання.

Муфтове з'єднання використовують, як правило, лише водогазопровідних труб низького тиску. Труби «скручують» за допомогою різьби на 2-х торцях труби, згону та контргайки.

Бугельні з'єднання зазвичай використовують в тих місцях трубопроводу,



де важливо забезпечити можливість швидкого з'єднання-роз'єднання частин трубопроводу.

Рис. 1.3. Схема бугельного з'єднання трубопроводу [2]

1 – труба, 2 – ущільнююче кільце, 3 – скоба, 4 – шпилька.

1.4. ФЛАНЦЕВЕ З'ЄДНАННЯ

Фланцеве з'єднання – спосіб з'єднання труб, насосів, засувок, клапанів та іншого обладнання, що формує систему трубопроводів. Такий спосіб забезпечує швидкий доступ для очистки, догляду та модифікацій трубопроводу, водночас забезпечує надійне, а головне - герметичне з'єднання при агресивних умовах та високому тиску. Фланці зазвичай мають зварне або різьбове з'єднання з трубою. Фланцеве з'єднання складається зі з'єднаних, за допомогою болтів або шпильок, двох фланців та ущільнювального елементу між ними, для забезпечення герметичності з'єднання



Рис 1.4. 3D-Модель фланцевого з'єднання (фланець із шийкою)

Найбільш широко використовують декілька типів фланців, таких як:

- Фланець з шийкою для приварки;
- Наскрізний фланець;
- Фланець із впадиною для приварки;
- Фланець для приварки на трубу внахлест (вільний);
- Різьбовий;
- Фланцева заглушка;



Рис 1.5. Типи фланців

(зліва направо) фланець з шийкою, наскрізний, із впадиною для приварки, вільний, різьбовий, заглушка

Кількість кріпільних елементів та їх розмір залежить від декількох змінних: Ду – діаметр умовний, Р- тиск в системі, та тип кріплення (шпилька або болт)

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

В Додатку 1 приведена таблиця розрахунку кріпінжних елементів на прикладі фланця із шийкою по ГОСТ 12821-01 та плоского фланця по ГОСТ 12820-01

Проаналізувавши матеріал, приведений вище, підіб'ємо підсумок: Фланцеве з'єднання – один з найскладніших типів з'єднання в плані виготовлення та монтажу. До того ж ціна виготовлення герметичного фланцевого з'єднання значно вище, ніж з'єднання методом зварювання. Але воно є незамінним при з'єднанні труб великих діаметрів. Цей метод кріплення забезпечує змогу багаторазового з'єднання - роз'єднання, а також може бути використаний в трубопроводах високого тиску. При виконанні ряду вимог, фланцеве з'єднання забезпечує високу герметичність навіть в агресивних умовах експлуатації і навіть при вібраційному навантаженню. Але важливою умовою є обов'язкова періодична підтяжка різьбових з'єднань фланців для забезпечення постійного навантаження на ущільнюючий елемент, що забезпечить герметичність з'єднання. На трубах великого діаметра ця процедура є плановою і потребує правильної моментної затяжки. Саме правильна затяжка різьбового з'єднання і є основною проблемою.

Враховуючи вищезазначене була поставлена задача розробити пристрій для здійснення осьової витяжки, який би відповідав наступним параметрам: для обраної різьби (М64х4), спроектувати силовий циліндр діаметром до 180 мм, з зусиллям до 1500 кН, а також розробити гідравлічну схему для його живлення для якої не потрібен насос високого тиску.

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
						15
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

РОЗДІЛ 2. ЗАТЯЖКА РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ.

2.1. ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ

Різьбове з'єднання є найбільш розповсюдженим типом роз'ємного з'єднання.

До переваг належить:

- Технологічність;
- Взаємозамінність;
- Універсальність;
- Надійність;
- Масовість;

Недоліками є:

- Саморозкручування при вібраційних навантаженнях;
- Навіть гладкі отвори під кріпильні деталі є концентраторами напружень;
- З часом під дією поздовжньої сили на болт або шпильку, виникає пластична деформація.

Якість високонавантажених різьбових з'єднань обумовлена трьома факторами: конструкція з'єднань, правильність розрахунку навантаження попередньої затяжки, точність розрахункової затяжки в процесі монтажу.

2.2. ВИМОГИ ДО ПОПЕРЕДНЬОГО НАВАНТАЖЕННЯ КРІПІЛЬНИХ ВИРОБІВ.

Попередня затяжка необхідна для забезпечення герметичності ущільнення фланцевого з'єднання в робочих умовах. Для герметизації трубопроводів високого тиску, зазвичай, використовують шпильки для фланцевих з'єднань, що виготовляють згідно ГОСТ 9066-75.

Станом на сьогодні, використовують декілька основних способів затяжки:

1. Затяжка прикладенням ударно-обертових імпульсів до гайки;

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
						16
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

2. Затяжка прикладенням крутного моменту до гайки;
3. Затяжка, прикладенням осьових навантажень до стержня шпильки;

Найбільш широко використовуються способи 2 та 3.

Затяжка прикладенням крутного моменту до гайки є універсальним та простим методом. На цьому переваги даного способу затяжки завершуються, адже ККД становить лише близько 10% від всієї сили, що застосовують для затяжки, більш того, в процесі затяжки в шпильці виникають навантаження кручення, що знижують несучу здатність різьбових з'єднань. [4]

При затяжці різьби, момент $M_{кр}$, що прикладають до гайки, витрачається на подолання тертя торця гайки об опорну поверхню нерухомого елементу трубопроводу і тертя витків різьби гайки та шпильки.

$$M_{кр} = M_m + M_p,$$

Де M_m -момент тертя торця гайки об опорну поверхню; M_p – крутний момент в різьбі.

$$M_m = f_m Q_3 R_m,$$

Де f_m – коефіцієнт тертя по торцю гайки; Q_3 – зусилля затяжки, R_m – умовний радіус тертя гайки.

$$M_p = Q_3 (P / 2\pi + f_p d_2 / 2)$$

Де P – крок різьби; f_p – коефіцієнт тертя, що виникає в різьбі; d_2 – середній діаметр різьби;

Для різьбових з'єднань, що змащуються індустріальною змазкою, якщо на них відсутні електролітичні покриття $f_m = 0,12$; $f_p = 0,20$. [4]

Затяжка, прикладенням осьових навантажень до стержня шпильки позбавлена недоліків з'єднання, що представлене вище. Спосіб полягає в розтяганні стержня шпильки гідравлічним домкратом, після чого гайка вільно обертається для фіксації стержня шпильки в розтягнутому положенні. Особливість методу полягає в тому, що після довертання гайки в крайнє положення без прикладення до неї крутного моменту, без навантаження залишаються такі елементи як: нарізь між шпилькою та гайкою, мікронерівності *гайка – шайба* та *шайба – фланець*. Як наслідок, після зняття

розтягуючого навантаження зі шпильки, ці елементи деформуються, а залишкове зусилля затяжки зменшується. [4]

Для компенсації зменшення зусилля в шпильці, введено *коефіцієнт розгрузки*, що оцінює ступінь зменшення зусилля. Коефіцієнт розгрузки дорівнює відношенню початкової сили, що розтягує шпильку, до залишкового зусилля в ній.

2.3. ПОСЛІДОВНІСТЬ ЗАТЯЖКИ КРІПІЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ПРИКЛАДІ ФЛАНЦЯ

Оскільки при затяжці різьбового з'єднання водночас навантажується лише одна або обмежена група шпильок, то необхідно виконувати деяку послідовність затяжки.

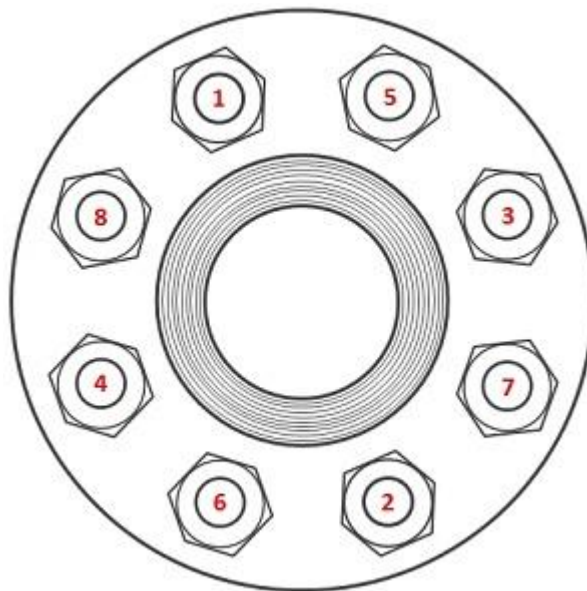


Рис. 2.3. Послідовність затяжки різьби при використанні одного пристрою.

Метод осьової витяжки має перевагу можливості одночасного затягу декількох або всіх елементів кріплення, що підвищує ефективність та точність виконання з'єднання.

РОЗДІЛ 3. ОСНОВНІ МЕТОДИ ЗАТЯГУ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ.

3.1. ПРИКЛАДЕННЯ КРУТНОГО МОМЕНТУ

Метод прикладення осьового моменту полягає на прикладенні га гайку (болт) крутного моменту, що забезпечує необхідне зусилля затяжки. Головною перевагою методу є те, що для його реалізації існує велика номенклатура професійних рішень на базі ручного інструменту, а також інструменту з електричним, пневматичним та гідравлічним приводом.

Якщо зусилля затяжки замало, то під дією змінного навантаження, різьбове з'єднання швидко вийде з ладу. Якщо зусилля завелике, процес затяжки призведе до руйнування компонентів з'єднання. Таким чином, необхідний постійний контроль зусилля затяжки.

Крутний момент опосередковано характеризує зусилля затяжки, але в більшості випадків, при використанні інструменту даного типу, для контролю зусилля використовують крутний момент. Необхідний момент затяжки конкретного з'єднання залежить від декількох змінних:

1. Коефіцієнт тертя між гайкою і шпилькою;
2. Коефіцієнт тертя між гайкою і поверхнею деталі, що з'єднується;
3. Якість і геометрія різьби, коефіцієнт міцності болта;

До пристроїв, що забезпечують з'єднання методом прикладення крутного моменту належать: гідравлічний гайковерт, динамометричний ключ, мультиплікатор крутного моменту ручний, пневматичний, електричний.

3.1.1. ГІДРАВЛІЧНИЙ ГАЙКОВЕРТ

Гідравлічний гайковерт представляє собою пристрій, в конструкції якого є гідроциліндр, що виконує зворотно-поступальний рух та касета з храповим механізмом та накидною головкою. Плечем в даному випадку виступає корпус касети гідравлічного гайковерта, або реакційна опора. Діапазон значень крутного моменту від 200 Нм до 60 000 Нм [6]



Рис. 3.1.1. Гідравлічний гайковерт в розрізі. [6]

3.1.2. ДИНАММЕТРИЧНІ КЛЮЧІ.

Динамометричний ключ – прецизійний інструмент для затяжки різьбових з'єднань з точно заданим моментом, за рахунок прикладення м'язової сили на важіль. Діапазон максимального крутного моменту, зазвичай, обмежений силою, що розвиває людина. Максимальний крутний момент даного способу затяжки досягає 400 Нм. Але в деяких окремих моделях момент може досягати 1500 Нм. Похибка динамометричних ключів низька та складає від 2.5% до 0.2%. [7,4]

До недоліків такого типу затяжки належить низький ККД, відносно невисокий момент затяжки, необхідність прикладення значної фізичної сили для його використання. Перевагою є простота конструкції, невисока ціна, порівняно з іншим інструментом, досить низька похибка.

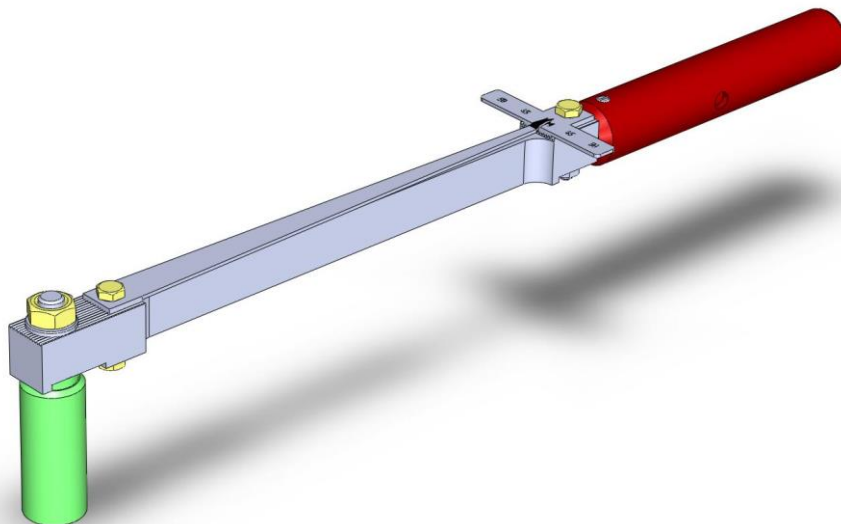


Рис 3.1.2. Модель динамометричного ключа стрілочного типу (торсіонний).

3.1.3. МУЛЬТИПЛІКАТОРИ КРУТНОГО МОМЕНТУ.

Мультиплікатор – пристрій, що підвищує крутний момент на виході за рахунок редуктора для затяжки різьбових з'єднань, що потребують високого моменту затяжки. Мультиплікатор має більшу похибку, ніж динамометричний ключ сам по собі за рахунок редуктора. Зазвичай використовують планетарний редуктор, адже в силу конструкції, він забезпечує знаходження вхідного й вихідного валу на одній осі та є досить компактним. Передатне відношення мультиплікатора існує в пропорції 1:4; 1:9,5; 1:14; 1:22; 1:38 та 1:64. Максимальний крутний момент на деяких моделях досягає 12 000 Нм. [4]

Поділяють мультиплікатори крутного моменту по типу сили, що прикладається на вхідний вал на ручні, пневматичні та електричні. Найбільш



точними є ручні мультиплікатори, що використовуються в парі з динамометричним ключем.

Рис. 3.1.3. Мультиплікатор ручного типу з планетарним редуктором LICOTA, на 10 000 Нм. [8]

3.2. МЕТОД ОСЬОВОЇ ВИТЯЖКИ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ.

Принциповим в даному методі є те, що прикладення зусилля відбувається безпосередньо на шпильку (болт). Метод полягає в попередній витяжці шпильки (болта) із зусиллям, що дорівнює зусиллю затяжки, після чого гайку закручують «від руки» до упору в опорну поверхню. Після чого знімають осьове навантаження.

Наразі існує декілька пристроїв для затяжки різьбових з'єднань методом осьової витяжки. Основними є тензорний домкрат (гідравлічний шпильконатягувач) та гідравлічна гайка. Також є деякі патенти, що описують осьову витяжку за рахунок нагріву шпильки потоком гарячого повітря.

3.2.1. ТЕНЗОРНИЙ ДОМКРАТ.

Тензорний домкрат – це гідравлічний пристрій для закручування гайки методом осьової витяжки, що складається із тягнучого стакану, що закручується на різьбу та гідравлічного домкрату з кільцевим гідроциліндром.

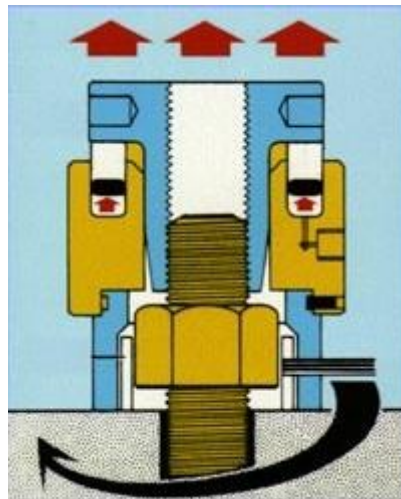
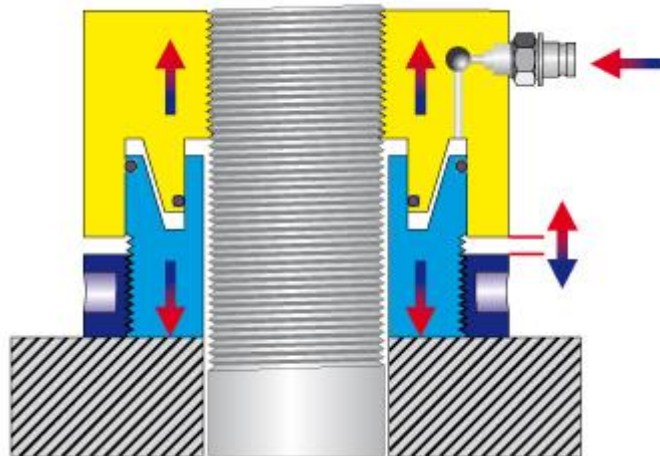


Рис. 3.2 Схематичне зображення тензорного домкрату [4]

3.2.2. ГІДРАВЛІЧНА ГАЙКА.

Гідравлічна гайка – це гідравлічний пристрій для фіксації шпильки або болта методом осьової витяжки в постійному положенні. Гідравлічна гайка має ті ж переваги, що й тензорний домкрат, при меншій ціні.



Нижче приведена схема використання гідравлічної гайки в роботі [9]:

1. Закрутити гідравлічну гайку на частину різьбового з'єднання.

Рис 3.2.1. Гідравлічна гайка (1)

2. Подача тиску рідини в гідравлічну гайку, при цьому її поршень впирається в статичну частину з'єднання, шпилька витягується до зусилля затяжки нарізі.

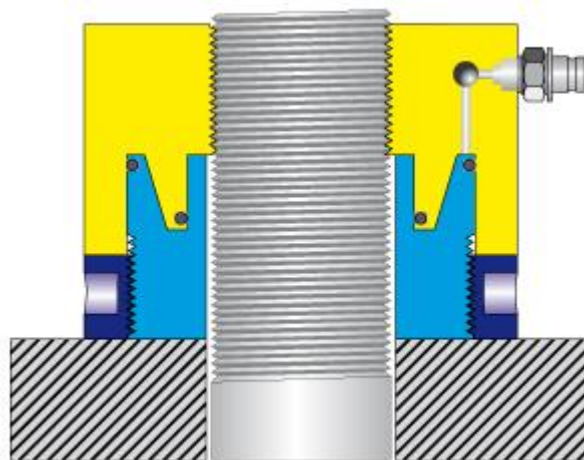


Рис 3.2.2. Гідравлічна гайка (2)

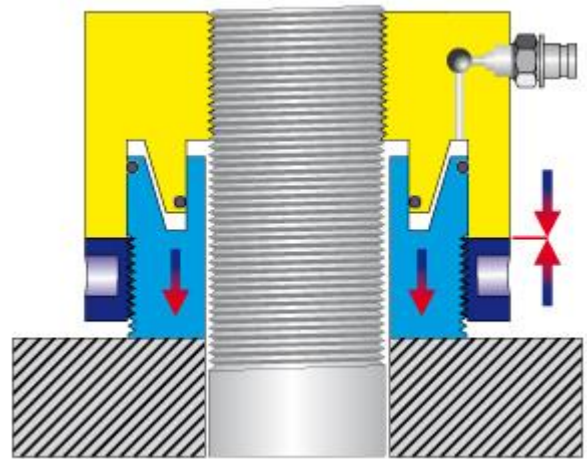
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3. Закрутити прижимне кільце до упору, скинути тиск, гайка залишається на нарізі. З'єднання затягнуто.

Рис 3.2.3. Гідравлічна гайка (3)

3.2.3. ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ МЕТОДУ ОСЬОВОЇ ВИТЯЖКИ

Основною перевагою методу є прикладення зусилля натягу безпосередньо для розтягування болта. Тому нам не потрібно боротися проти тертя і втрат. ККД такого методу досягає 70%. Інші 30% витрачаються на подолання деформації мікронерівностей та усадку. [10]



Максимальна точність методу досягається за рахунок відсутності тертя, а залежність зусилля затяжки прямо пропорційна тиску, прикладеному на розтягування.

Відсутність навантажень кручення, суто осьове навантаження, що дає змогу більш точно контролювати затяжку.

Можливість підключення тензорних домкратів у групи по-декілька, що є особливо важливим при затяжці фланцевих з'єднань та герметизації відповідальних посудин.

РОЗДІЛ 4. ГІДРАВЛІЧНИЙ МУЛЬТИПЛІКАТОР ТИСКУ

Мультиплікатор – це гідравлічний пристрій для багатократного підвищення тиску в системі. Найпростіший мультиплікатор зроблений по принципу двох гідроциліндрів різного діаметру, що з'єднані єдиним штоком. Саме за рахунок різниці робочих площ виконується збільшення тиску. Але, тим самим принципом, зменшується витрата системи після мультиплікатора.

Мультиплікатор тиску вмикається в роботу лише тоді, коли в гідросистемі виникає потреба в підвищеному тиску. Іншу ж частину часу мультиплікатор не виконує свою функцію та не має ніякого внутрішнього споживання.

Гідравлічні мультиплікатори використовуються як правило в системах високого тиску. Мультиплікатор використовують як один із ступенів підвищення тиску в станках гідро абразивного різання, в ковальських пресах, при використанні гідравлічного пожежного обладнання, а також в гідросистемах, що забезпечують роботу гідравлічного гайковерта, тензорного домкрату, гідравлічного гайкоріза, тощо.

Мультиплікатори поділяються по принципу дії на мультиплікатор разової дії та мультиплікатор неперервної дії.

Мультиплікатор разової дії є одним з найпростіших. Але він не може забезпечити неперервний потік рідини під високим тиском. Тому використовують даний тип в ковальських молотах.

Розглянемо мультиплікатор тиску неперервної дії:

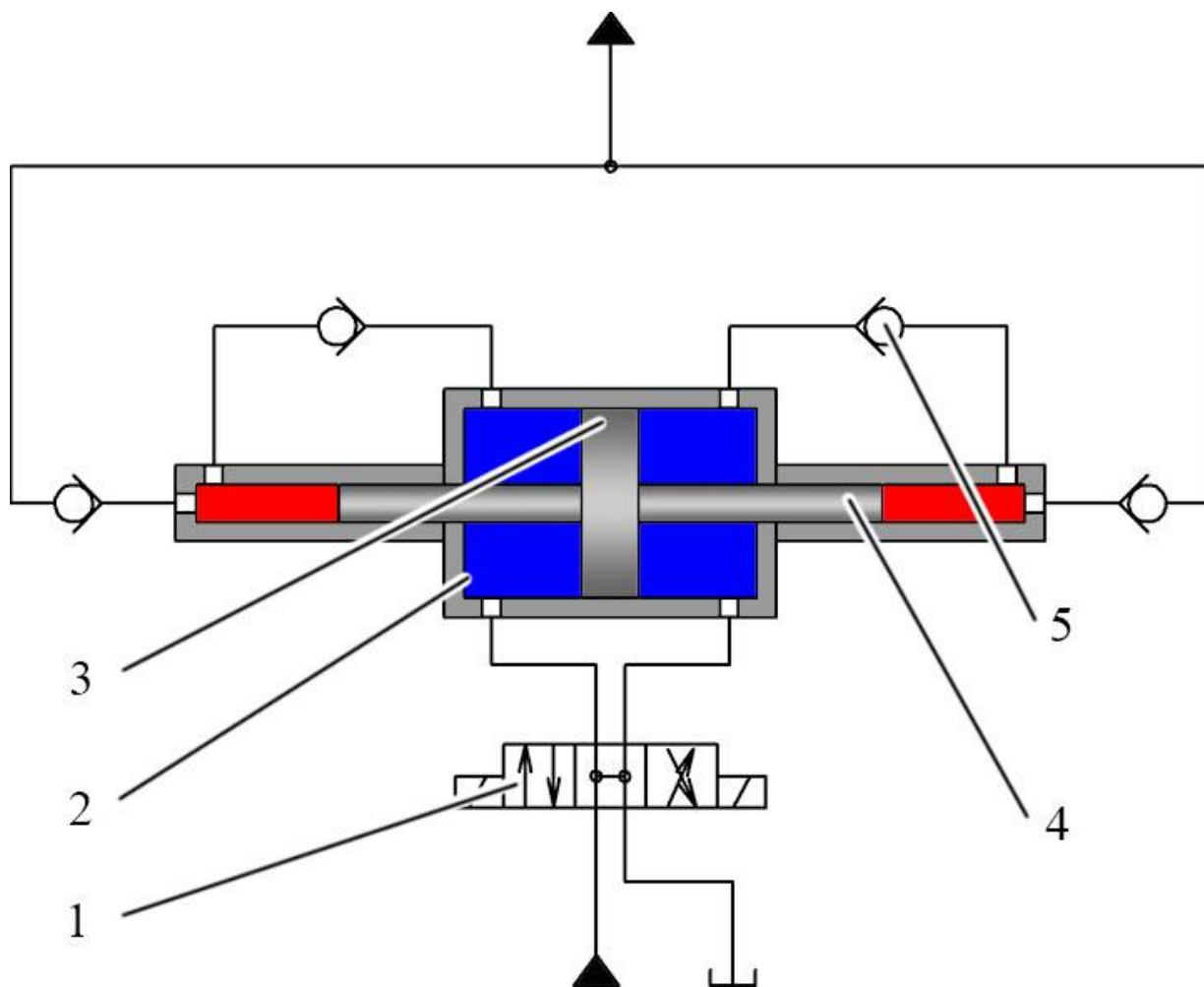


Рис 4.1. Схематичне зображення мультиплікатора високого тиску неперервної дії. [11]

Потік рідини низького тиску через розподільник 1 направляється в одну з порожнин гідроциліндра 2 низького тиску. Поршень 3 низького тиску має жорсткий зв'язок з плунжерами високого тиску 4. За переміщення поршня 3, плунжером 4 виконується такт стиску рідини до високого тиску. При крайньому положенні поршня 3, спрацьовує один із датчиків, що перемикають електромагніт розподільника 1. Зворотні клапани 5 не допускають перетікання рідини з магістралі високого тиску в магістраль низького тиску. Для зменшення пульсацій, на виході мультиплікатора тиску встановлюють гідравлічний акумулятор (В сучасних моделях мультиплікатор є моноблочним та втілює в собі всі ті пристрої, що описано вище).

В системах, де необхідно забезпечувати неперервний потік рідини високого тиску, використовують саме мультиплікатор неперервної дії

(Наприклад в станках гідроабразивного різання, мультиплікатор неперервної дії забезпечує постійний потік рідини під тиском до 600МПа)[11,4].

Фізичним описом та обґрунтуванням принципу дії мультиплікатора слугує формула:

$$F = P \cdot S$$

Де F- зусилля на штоці гідроциліндра, P- тиск рідини, S- площа робочої поверхні. Як було сказано вище, мультиплікатор – це умовно 2 гідроциліндра, що з'єднані єдиним штоком, тоді:

$$F_1 = F_2.$$

$$P_1 \cdot S_1 = P_2 \cdot S_2$$

Тиск рідини на другому поршні розраховується по формулі:

$$P_2 = F_2 / S_2;$$

Встановимо залежність між величинами P_1 та P_2 :

$$P_2 = P_1 \cdot S_1 / S_2.$$

Таким чином виходить, що на тиск на виході з мультиплікатора впливає лише тиск на вході та відношення площ*

*- При розрахунках знехтував тертям.

Для розрахунків тиску на виході з гідравлічного мультиплікатора типу Рідина-Рідина, було введено коефіцієнт мультиплікації i . Коефіцієнт враховує втрати на тертя та різницю робочих площ конкретної моделі пристрою.

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ТЕНЗОРНОГО ДОМКРАТУ

5.1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Нами було проаналізовано ринок тензорних домкратів. Розглянуто актуальні інструменти від декількох українських і декількох закордонних виробників. Був проведений аналіз відгуків, що є у відкритому доступі.

Із зібраної нами інформації можна дійти висновку, що найбільша проблема – це діаметр пристрою, що для обраної нами розрахункової нарізі М64, складає від 200мм до 250мм. До того ж, абсолютна більшість пристроїв розраховані на тиск насосної станції 150МПа.

Виходячи з вищесказаного, було поставлено задачу зменшити максимальний діаметр корпусу тензорного домкрату до максимум 180мм та зменшити ділянку трубопроводу, що проходить під тиском 150МПа за рахунок використання гідравлічного мультиплікатора та насосної станції з меншим робочим тиском.

Оскільки висота тензорного домкрату не має жорстких обмежень, на відміну від діаметра, то було вирішено підібрати конструкцію з двома робочими камерами, що розміщені одна над одною. Таким чином, в нас вийшла конструкція двопоршневого тягнучого гідроциліндра односторонньої дії.

5.2. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЇ

При постановці задачі було обрано нарізь метричну М64. Для розрахунку обираємо шпильку М64х4 10.9, де «10.9» - клас міцності. Виходячи з класу міцності, «10» - показник, з якого ми можемо прорахувати межу міцності шпильки $\sigma_{\text{мц}}$. Для класу міцності 10, $\sigma_{\text{мц}} = 1000 \text{ Н/мм}^2$. В той же час «9» - це показник межі текучості $\sigma_{\text{т}}$ у відсотках. В даному випадку, $\sigma_{\text{т}}$ складає 90% від $\sigma_{\text{мц}}$ і дорівнює $\sigma_{\text{т}} = \sigma_{\text{мц}} \times 90\% = 900 \text{ Н/мм}^2$.

Розраховуємо зусилля затяжки різьбового з'єднання:

$$\sigma_3 = \sigma_{\text{т}} \times f_3,$$

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

Де f_3 – коефіцієнт затяжки, що складає 0.6 – 0.7 від межі текучості. Таким чином,

$$\sigma_3 = 900 \times 0.7 = 630 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2};$$

Розрахуємо найменшу площу перерізу шпильки. Оскільки нарізь М64 з малим кроком 4, то діаметр $d_{\min} = 64 - 2 \times 4 = 56 \text{ мм}$,

$$\text{Тоді площа } S_{\min} = 2463 \text{ мм}^2$$

Розраховуємо зусилля, яке потрібне для розтягу шпильки до зусилля затяжки:

$$F_3 = S_{\min} \times \sigma_3 = 1551,7 \times 10^3 \text{ Н} = 1552 \text{ кН або } 158,2 \text{ тс.}$$

Розраховуємо площу робочої поверхні А гідроциліндра при тиску на вході $P = 1500 \text{ бар}^*$ за формулою:

$$A = \frac{F_{[\text{кгс}]}}{P_{[\text{бар}]}} = \frac{158228}{1500} = 105 \text{ см}^2$$

Розрахунок штока: Обираємо матеріал штока – Сталь 40Х ГОСТ 4543 – 2016 «Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия». Для Сталі 40Х, $\sigma_T = 785 \text{ Н/мм}^2$. При максимальному навантаженні, шток гідроциліндра буде отримувати навантаження розтягу 1552 кН. Оскільки окрім осьового навантаження, інших факторів впливу немає, а навантаження є поступовим, відсутній знакозмінний характер, то коефіцієнт запасу міцності k обираємо 1,3

$$F_{\text{шт}} = F_3 \times k = 1552 \times 1,3 \approx 2000 \text{ кН}$$

Розраховуємо площу штока $S_{\text{шт}}$:

$$S_{\text{шт}} = \frac{F_{\text{шт}}}{\sigma_T} = \frac{2 \times 10^6}{785} = 2547,7 \text{ мм}^2$$

Оскільки шток виступає в ролі й тягнучого стакану в нашій конструкції, то переріз штоку буде мати вигляд кільця з діаметром меншого кола, що дорівнює максимальному діаметру шпильки М64х4, що складає $d = 64 \text{ мм}$.

Виходячи з формули про площу кільця, виводимо діаметр більшого кола D

$$S_{\text{кільця}} = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4},$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4} + S_{\text{кільця}} = 3216,9 + 2547,7 = 5767 \text{ мм}^2,$$

$$D_{шт} = \sqrt{\frac{5767 \text{ мм}^2}{\pi}} \times 2 = 85,69 \text{ мм} \approx 86 \text{ мм}$$

Розрахуємо діаметр поршнів $D_{1п}$ та $D_{2п}$. Оскільки камери матимуть однакові розміри, то:

$$A = A_1 + A_2 = 105 \text{ см}^2 \text{ та } D_{1п} = D_{2п}$$

При $D_{шт} = 86 \text{ мм}$, та при ідентичних габаритах двох робочих камер, прораховуємо діаметр поршнів:

$$A_1 = \frac{\pi D_{1п}^2}{4} - \frac{\pi D_{шт}^2}{4},$$

$$\frac{\pi D_{1п}^2}{4} = \frac{\pi D_{шт}^2}{4} + A_1 = 5808 + 5500 = 11308 \text{ мм}^2$$

$$D_{1п} = 119,991 \approx 120 \text{ мм} = D_{2п}$$

Отже, діаметр внутрішньої стінки гільзи гідроциліндра складає 120 мм.

Розрахуємо об'єм рідини, що потрібно подати до домкрату для здійснення ним максимального ходу в 15 мм

$$V = A \times h = 105 \times 15 = 157,5 \text{ см}^3 = 0,16 \text{ л}$$

5.3. РОЗРАХУНОК СТІНКИ ГІЛЬЗИ НА МІЦНІСТЬ

Матеріалом для стінки циліндра обрано Сталь 45, із $[\sigma]_p = 4000 \text{ кгс/см}^2 = 392,25 \text{ МПа}$ на розтяг.

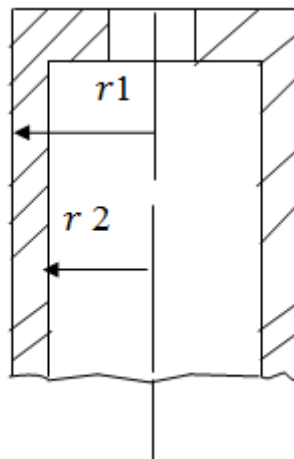


Рис 5.1. Схематичне зображення гільзи в розрізі [5]

Знаючи внутрішній радіус, що був розрахований раніше, порахуємо зовнішній за формулою:

$$r1 = r2 \sqrt{\frac{[\sigma]_p + 0,4 P_{\text{макс}}}{[\sigma]_p - 1,3 P_{\text{макс}}}},$$

Де $P_{\max} = P_{\text{номінальний}} \times 1.3$

$$r_1 = 0,06 \sqrt{\frac{392 \times 10^6 + 0,4 \times 150 \times 10^6 \times 1,3}{392 \times 10^6 - 1,3 \times 150 \times 10^6 \times 1,3}} = 0,0856 \text{ м} = 86 \text{ мм}$$

Тоді зовнішній діаметр циліндра складає $D_{\text{ц}} = 172 \text{ мм}$

Товщину кришки гідроциліндра розраховуємо за формулою:

$$\delta_{\text{к}} = 0,433 d_{\text{к}} \sqrt{\frac{P_{\max}}{[\sigma]_{\text{р}}}} = 0,433 \times 0,12 \sqrt{\frac{150 \times 1,3 \times 10^6}{392 \times 10^6}} = 0,036 \text{ м} = 36 \text{ мм}$$

5.4. РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНОЇ ЧАСТИНИ

5.4.1. РОЗРАХУНОК ПЕРЕРІЗУ ТРУБОПРОВОДУ

Оскільки в системі присутній гідравлічний мультиплікатор тиску, то розрахунок було вирішено почати з нього. Для наших цілей підійшов пристрій miniBOOSTER M-НС7-001 з максимальним коефіцієнтом збільшення тиску $I=20$ та максимальним тиском $P_{\max}=2000 \text{ бар}$ (для тензорного домкрату достатньо 1500 бар). $Q_{\text{вхід}} = 12 \text{ л/хв}$, $P_{\text{вхід}} = 100 \text{ бар}$, $Q_{\text{вихід}} = 0,3 \text{ л}$, $P_{\text{вихід}} = 2000 \text{ бар}$. [12]

Вибір маслостанції – важливий крок, для нас важлива мобільність, невибагливість, габарити. Тому було вирішено обрати міні-маслостанцію від компанії «Енерпром» НЭР10-12А3Ф1 з об'ємом гідробаку 3 л , подачею $Q=12 \text{ л/хв}$, тиском $P=10 \text{ МПа}$ [13]

Розрахуємо діаметри трубопроводів відповідно до схеми на рис. 5.3 за формулою:

$$d'_i = \sqrt{\frac{4Q_i}{\pi v_{\text{сер}}}},$$

Де Q_i – максимальна витрата рідини, $v_{\text{сер}}$ – рекомендована швидкість рідини [14]

Напірна лінія, ділянка мультиплікатор – домкрат ($Q=0,3 \text{ л/хв}$):

$$d'_{\text{нап}} = \sqrt{\frac{4Q_i}{\pi v_{\text{сер}}}} = 0,00093 \text{ м},$$

При $v_{\text{сер}} = 7,25 \dots 9$ м/с, в напірній лінії при тиску понад $P=350$ бар.

Напірна лінія, ділянка насосна станція – мультиплікатор ($Q=12$ л/хв):

$$d''_{\text{нап}} = \sqrt{\frac{4Q_i}{\pi v_{\text{сер}}}} = 8,91 \text{ мм},$$

При $v_{\text{сер}} = 3,2$ м/с, в напірній лінії при тиску понад $P=100$ бар

При виборі маслостанції ми скористались готовим рішенням, але, задля перевірки, також розраховували й діаметри всмоктуючої та зливної лінії:

Діаметр всмоктуючої лінії становить:

$$d'_{\text{всмок}} = \sqrt{\frac{4Q_i}{\pi v_{\text{сер}}}} = 22,55 \text{ мм},$$

При рекомендованому $v_{\text{сер}} = 0,5 \dots 1$ м/с (обрано 0,5 м/с)

Діаметр зливної лінії становить:

$$d'_{\text{злив}} = \sqrt{\frac{4Q_i}{\pi v_{\text{сер}}}} = 14,266 \text{ мм},$$

При рекомендованому $v_{\text{сер}} = 1,25 \dots 3$ м/с (обрано 1,25 м/с)

5.4.2. ВИБІР РОБОЧОЇ РІДИНИ

В роботі гідросистеми важливе значення має якість і характеристики робочої рідини, сучасне мастило повино мати високу здатність до фільтрації, забезпечувати експлуатаційні характеристики гідроприводу, запобігати зношуванню труб та апаратів, забезпечувати захист, а також запобігати окисненню та спіненню. Згідно до рекомендацій виробника мультиплікатора, обираємо мастило для гідросистеми HVLP-32. Даний тип рідини є ідеальним рішенням як для мультиплікатора miniBOOSTER М-НС7, так і для маслостанції НЭР10-12А3Ф1. Мастило має пакет присадок, що забезпечує чудову деемульгуючу здатність для стійкості проти забруднення водою, протикорозійну, зносостійку здатність. Мастило має високий індекс в'язкості, що забезпечує чудову прокачуваність при низьких температурах. Клас в'язкості мастила по ISO – 32. Кінематична в'язкість при 40 °С - 32 мм²/с, при 100 °С – 6,4 мм²/с. [15]

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32



Рис 5.2. Обране мастило HVLP 32 (Valvoline) [15]

5.5. ПІДБІР ГІДРОАПАРАТУРИ

Підбір гідроапаратури проводиться за ключовими параметрами.
Типорозмір апаратів уніфікований.

(Табл. 5.5)

Познач.	Назменування	К-ть.	Примітка
Б	Бак	1	$V=3\text{л}$, $p_{\text{max}}=25\text{МПа}$
ГЦ	Домкрат тензорний	1	$p=150\text{МПа}$, $F=168\text{см}^2$
ДР	Дросель регульований УГ102-100-4	1	$p_{\text{max}}=270\text{МПа}$
			$Q_{\text{max}}=15\text{ л/хв}$
КП	Клапан запобіжний непрямої дії Popar DBW	1	$Q_{\text{max}}=30\text{ л/хв}$
			$p_{\text{max}}=12\text{МПа}$
КШ	Кран шаровий Popar BK	1	$Q_{\text{max}}=0,5\text{ л/хв}$
МН1	Манометр з дроселюванням NPT ANSI B2.1 A.B.S.		$p_{\text{max}}=30\text{МПа}$
МН2	Манометр DL-CR14P2000	1	$p_{\text{max}}=200\text{МПа}$
МТГ	Мультиплікатор тиску гідравлічний	1	$P1=10\text{МПа}$, $Q1=12\text{л/хв}$
	miniBOOSTER M-HC7-001		$P2=200\text{МПа}$, $Q2=0,3\text{л/хв}$
НС	Маслостанція "Енерпром"	1	$Q_{\text{ном.}}=12\text{ л/хв}$
	НЗР10-12АЗФ1		$p_{\text{ном.}}=10\text{МПа}$
Р1	Розподільник Atos QVHZO	1	$Q_{\text{max}}=50\text{л/хв}$
			$p_{\text{max}}=30\text{МПа}$
У	Показчик рівня Argo-Hytos C5.3529	1	
Ф1	Фільтр всмоктувальний SP46B-12-GR90	1	$\Delta=25\text{мкм}$
			$Q_{\text{max}}=25\text{л/хв}$
Ф2	Фільтр зливний з байпасним клапаном	1	$\Delta=10\text{мкм}$
	F25 OMT		$p_{\text{ном.}}=0,5\text{МПа}$
ФСТ	Фільтр із заливною горловиною MPFilttri TA	1	

5.6. РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНИХ ВТРАТ

Втрати гідравлічної енергії – перехід кінетичної енергії потоку рідини в теплоту, на гідравлічних лініях чи у апаратах, ці явища обумовлені наявністю в'язкого тертя. Гідравлічний розрахунок є важливою складовою процесу вибору типорозміру труби при проектуванні гідросистеми. З метою більш детального аналізу пропонованих в документах методів розрахунку представляється корисним повернутися до вихідних рівнянь класичної гідродинаміки [16].

Гідравлічні втрати – це сумарні втрати енергії на гідравлічне тертя Δp_T і втрати, які обумовлені зміною напрямку потоку Δp_M , а також втрати гідроапаратів Δp_d

Втрати тиску на гідравлічне тертя:

$$\Delta p_T = \frac{(0,5\lambda l \rho V^2)}{d_T}$$

Де λ – коефіцієнт тертя рідини по поверхні трубопроводу; l – довжина ділянки; ρ – густина; V – середня швидкість рідини; d_T – діаметр трубопроводу.

Коефіцієнт λ визначається по формулі Рейнольдса та залежить від режиму течії.

$$Re = \frac{Vd}{\nu}$$

Де ν – кінематична в'язкість мастила. При ламінарному русі рідини число Рейнольдса $Re < 2320$

Враховуючи випадки викривлення і звуження поперечного перерізу труби на практиці приймають:

$$\lambda = \frac{75}{Re}$$

Під час турбулентного руху рідини число Рейнольдса $Re \geq 2320$, коефіцієнт λ залежить від числа Рейнольдса та від відносної шорсткості стінок каналу. Сталеві труби мають шорсткість $\Delta = 0,03\text{мм}$, а от труби із кольорового металу вважають практично гладкими. [16]

Всмоктувальна лінія:

Довжина трубопроводу на всмоктування $l = 0.15\text{м}$.

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{0,5 \frac{м}{с} \times 0,023 м}{0,000032 \frac{м^2}{с}} = 359 < 2320 - \text{Режим ламінарний.}$$

Коефіцієнт Дарсі:

$$\lambda = \frac{75}{359} = 0,208$$

Втрати на тертя:

$$\Delta P_T = \frac{(0,5 \lambda l \rho V^2)}{d_T} = \frac{(0,5 \times 0,208 \times 0,15 \times 863 \times 0,5^2)}{0,023} = 146,3 \text{ Па.}$$

*-густина мастила $\rho = 0,863 \text{ г/см}^3$

Напірна лінія (Маслостанція-Мультиплікатор):

Оскільки мультиплікатор більш доцільно встановити якомога ближче до тензорного домкрату, для того, щоб зменшити ділянку трубопроводу, що проходить під тиском 1500бар, то обираємо $l = 3 \text{ м}$.

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{3,2 \frac{м}{с} \times 0,009 м}{0,000032 \frac{м^2}{с}} = 891 < 2320 - \text{Режим ламінарний.}$$

Коефіцієнт Дарсі:

$$\lambda = \frac{75}{891} = 0,0841$$

Втрати на гідравлічне тертя:

$$\Delta P_T = \frac{(0,5 \lambda l \rho V^2)}{d_T} = \frac{(0,5 \times 0,0841 \times 3 \times 863 \times 3,2^2)}{0,00891} = 125 \text{ 119 Па}$$

Напірна лінія (Мультиплікатор- Гідравлічний шпильконатягач):

Загальну довжину ділянки обрано $l = 2 \text{ м}$

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{7,25 \frac{м}{с} \times 0,005 м}{0,000032 \frac{м^2}{с}} = 1132,8 < 2320 - \text{Режим ламінарний.}$$

Коефіцієнт Дарсі:

$$\lambda = \frac{75}{1133} = 0,0662$$

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36

Втрати на гідравлічне тертя:

$$\Delta P_T = \frac{(0,5\lambda l \rho V^2)}{d_T} = \frac{(0,5 \times 0,0662 \times 2 \times 863 \times 7,25^2)}{0,005} = 600\,585 \text{ Па}$$

Зливна лінія (l = 3м):

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{1,25 \frac{\text{м}}{\text{с}} \times 0,015 \text{ м}}{0,000032 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}} = 586 < 2320 - \text{режим ламінарний}$$

Коефіцієнт Дарсі:

$$\lambda = \frac{75}{586} = 0,128$$

Втрати на гідравлічне тертя:

$$\Delta P_T = \frac{(0,5\lambda l \rho V^2)}{d_T} = \frac{(0,5 \times 0,128 \times 3 \times 863 \times 1,25^2)}{0,015} = 17\,260 \text{ Па}$$

Визначаємо сумарні втрати:

$$\sum \Delta P_T = 146 + 125\,119 + 600\,585 + 17\,260 = 0,743 \text{ МПа}$$

Зафіксуємо до таблиці розрахунки:

Табл (5.6)

Ділянка	Довжина ділянки l, м	d _т , мм	V, м/с	Re	λ	ΔP _т , МПа
Всмоктування	0,15	23	0,5	359	0,208	0,0001463
НС- Мультиплікатор	3	9	3,2		891	0,125
Мультиплікатор- Тензорний домкрат	2	5	7,25		1133	0,6
Злив	3	15	1,25		586	0,01726

Розрахунок втрат тиску на місцевих опорах:

При $Re > 10^5$ коефіцієнт гідравлічного тертя практично не залежить від числа Рейнольдса і ми можемо прийняти коефіцієнт Дарсі $\lambda = 0,02$. Втрати місцевих опорів визначають по формулі:

$$\Delta P_m = 0,5 \rho \xi V^2$$

Де ξ – коефіцієнт місцевого опору.

Напірна лінія (НС-Мультиплікатор):

$$\Delta P_{m.нап1} = 0,5 \rho \xi V^2 = 0,5 \times 863 \times 3,2(0,5 + 6 \times 2 + 0,8 + 3 + 0,4) = 0,022 \text{ МПа}$$

Напірна лінія (Мультиплікатор- ГЦ):

$$\Delta P_{m.нап2} = 0,5 \rho \xi V^2 = 0,5 \times 863 \times 7,25(0,5 + 4 \times 2 + 0,6 + 0,4) = 0,041 \text{ МПа}$$

Зливна лінія:

$$\Delta P_{m.злив} = 0,5 \rho \xi V^2 = 0,5 \times 863 \times 1,25(20 + 0,2 + 0,5) = 0,015 \text{ МПа}$$

Діаграми, графіки чи таблиці втрати тиску у гідроапаратах зазначені у відповідних каталогах виробників цих апаратів. Якщо для конкретного випадку витрата менше максимального, то табличні значення втрат необхідно перерахувати по формулі [17]:

$$\Delta P_d = \Delta P_{GA} \left(\frac{Q_d}{Q_n} \right)^2$$

Де ΔP_{GA} - втрати тиску на гідроапараті при відповідній дійсності значення витрати Q_d ; ΔP_m - втрати тиску, взяті по каталозі при максимальному значенні витрати Q_n . Сумарні втрати на гідроапаратах, виходячи з обраного обладнання та даних, наведених виробником відповідних виробів становлять:

$$\sum \Delta P_{GA} \approx 0,6 \text{ МПа}$$

Розраховуємо сумарні втрати тиску:

$$\Delta P_{заг} = \sum \Delta P_{GA} + \sum \Delta P_m + \sum \Delta P_T = 0,6 + 0,078 + 0,743 = 1,321 \text{ МПа}$$

Необхідний тиск насоса становить:

$$P_{необх} = P_{ном} + \Delta P_{заг} = 11,321 \text{ МПа}$$

Отже, насосна станція забезпечує систему необхідним тиском із урахуванням гідравлічних втрат, так як:

$$P_{н.макс} = 12,8 \text{ МПа} > P_{необх} = 11,321 \text{ МПа}.$$

5.7. СХЕМА ГІДРАВЛІЧНА

Провівши розрахунки в достатній кількості для побудови життєздатної гідравлічної схеми, ми отримали фінальний варіант, що представлено на Рис. 5.7.

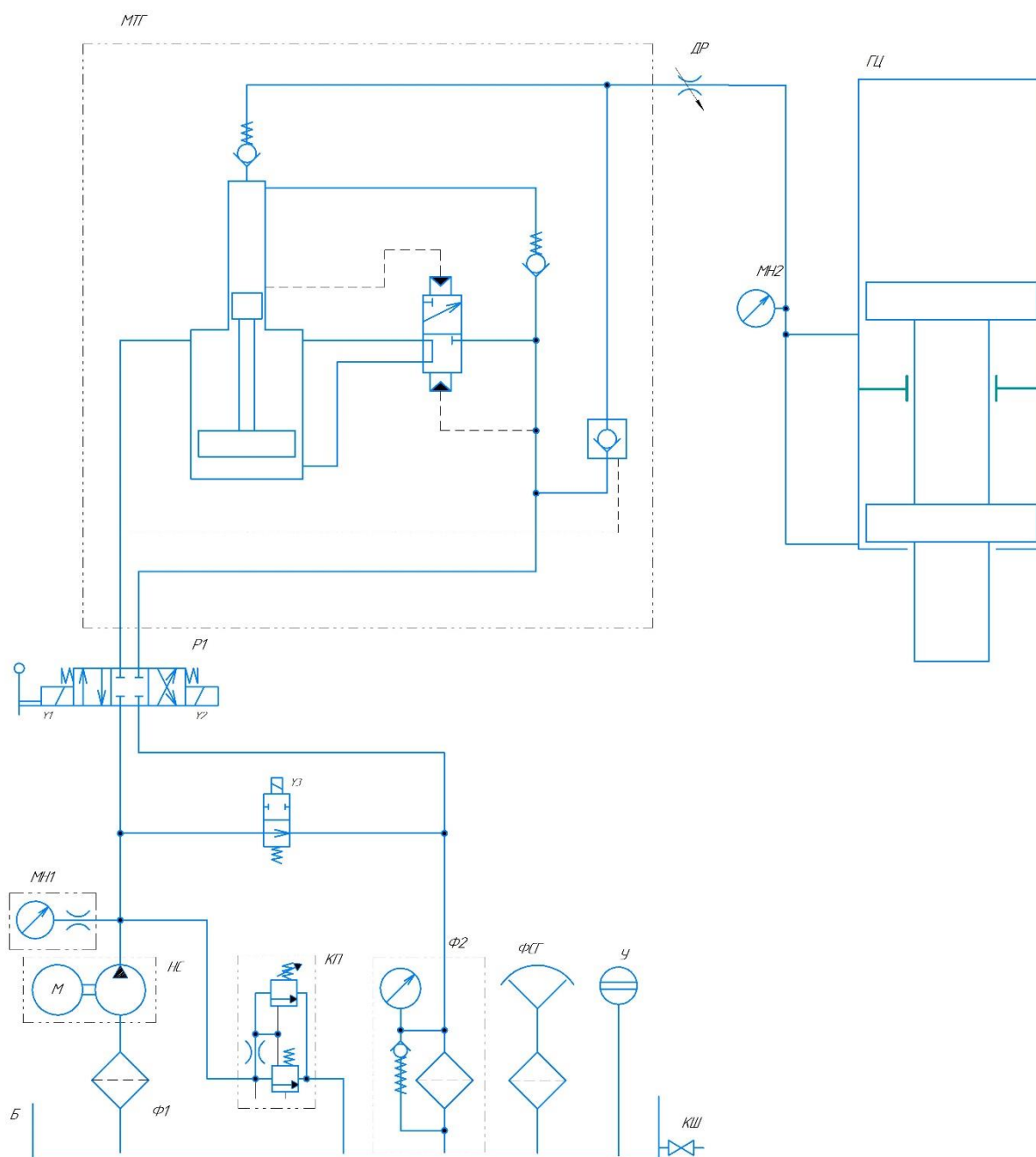


Рис 5.3. Схема гідравлічна принципова (фінальний вигляд)

ГЦ – гідроциліндр тензорного домкрату; МТГ – мультиплікатор тиску гідравлічний; Р1 – розподільник моностабільний, трипозиційний з ручним та електро-керуванням; НС – насосна станція НЭР10-12А3Ф1.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Насосна станція обладнана фільтрами на всмоктування, злив, та фільтром на заливній горловині баку. В гідравлічній схемі присутні 2 манометри: на виході з насосної станції та на вході до тензорного домкрату.

Схема гідравлічна принципова роботи тензорного домкрату дає змогу ознайомитись з принципом дії гідравлічної установки для осьової витяжки кріплення різних з'єднань. Всі елементи, що присутні на схемі є уніфікованими, переважна більшість з них зумовлена рекомендаціями виробника маслостанції та мультиплікатора.

Хочу звернути увагу на розподільник, що зображено на блоці мультиплікатора тиску гідравлічного. Розподільник не стандартної конфігурації, із сигналами керування різної сили. Тобто при наявності двох сигналів керування одночасно, розподільник приймає нижнє положення.

Інформацію щодо розподільника на блоці МТГ вказано на сайті виробника. [12]

РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

6.1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Метою розділу проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – плунжер верхній.

Плунжер верхній виготовляється із сталі конструкційної, легованої 40Х ГОСТ 4543-2016.

Хімічний склад приведено в таблиці 7.1:

Табл 7.1 - Хім. Склад сталі 40Х ГОСТ 4543-2016

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0.36-0.44	0.17-0.37	0.5-0.8	До 0.3	До 0.035	До 0.035	0.8-1.1	До 0.3	~ 97

Механічні властивості сталі приведено в таблиці 7.2:

Табл 7.2 – Механічні властивості обраної сталі

Переріз, мм	σ_t , МПа	σ_b , МПа	Ψ , %	K σ_i , (кДж/м ²)	НВ
65	785	655	15	45	212-248

Сталь 40Х добре піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів. Проаналізувавши креслення деталі, можна зробити наступні висновки: Креслення виконано у відповідності з вимогами ЕСКД; проставлені усі необхідні розміри, відхилення, технічні вимоги та параметри шорсткості поверхні. На кресленні показано достатнє число проекцій, видів і розрізів для подальшого читання креслення, а також виготовлення деталі.

Дана деталь плунжер верхній відноситься до групи циліндричних виробів

В конструкції деталі присутні стандартні та уніфіковані елементи

- Галтелі;
- Різьбові отвори;
- Фаски.

Розміри та шорсткість поверхонь відповідають конструкції та призначенню деталі

Основні вимоги до даної деталі в стійкості циліндричної поверхні до деформацій.

Жорсткість деталі за формулою:

$$\frac{L_{\text{деталі}}}{D_{\text{сер.}}} \leq 12$$

Де $L_{\text{деталі}}$ – довжина деталі, мм; $D_{\text{сер.}}$ – середній діаметр деталі, що визначається за формулою:

$$D_{\text{сер.}} = \frac{\sum d}{n}$$

Де d – діаметр деталі, мм; n – кількість ступенів вала.

$$D_{\text{сер.}} = \frac{120 + 115 + 109 + 115 + 120 + 86 + 85 + 79}{8} = 103,63 \text{ мм}$$

Визначаємо жорсткість деталі:

$$\frac{L_{\text{деталі}}}{D_{\text{сер.}}} = \frac{198}{103,63} = 1,9 - \text{що значно менше ніж } 12$$

В цілому деталь складається із простих конструктивних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхні, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при стандартних технологічних базах.

Усі технологічні умови встановлено в залежності від призначення виробу, вони визначаються ступенем точності деталі.

Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту, в цілому деталь технологічна.

6.2. ВИБІР ЗАГОТОВКИ

Одним із основних параметрів в машинобудуванні є вибір форми заготовок, що дають найменші технологічні відходи.

Висока точність заготовок і наближення їх форми до форм готової деталі скорочує відходи матеріалу в стружку.

Отже, обираємо заготовку із сталі 40Х діаметром 125мм (рис 6.1)

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
						42
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

6.3. ВИБІР ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ І ТИПОВИХ СХЕМ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ

Операція 005 – Заготівельна

Обладнання: Відрізний верстат

Відрізати заготовку довжиною 200мм

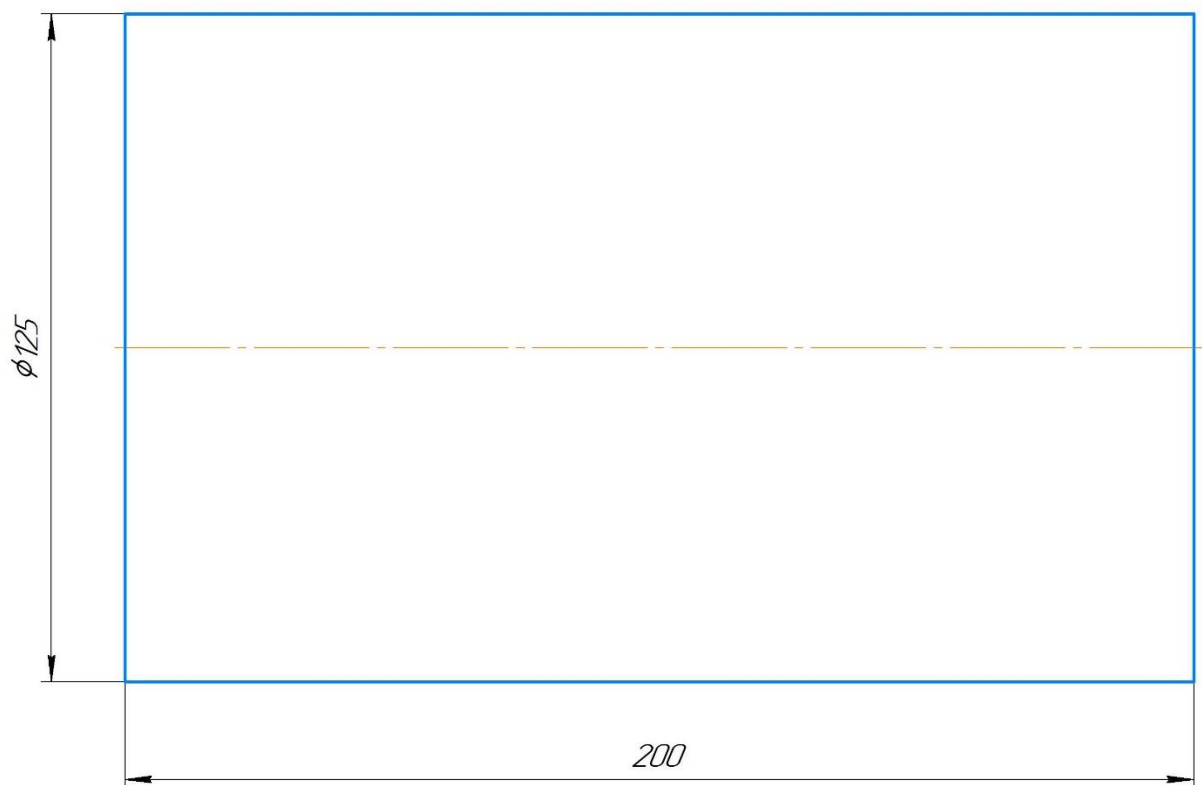


Рис 6.1

Операція 010 – Фрезерно-центрувальна

Обладнання: Фрезерно-центрувальний верстат МР-71

1. Підрізати торці в розмір 198мм
2. Просверлити 2 отвори Ø42, L 14,6

Різальний інструмент – фреза торцева Ø 125мм Т15К6 2210-0075 ГОСТ 9304-69; свердло центрувальне комбіноване типу А Ø 12мм Р5М5 2317-0011 ГОСТ 14952-75

Нижче, на рис 6.2 схематично показано процес

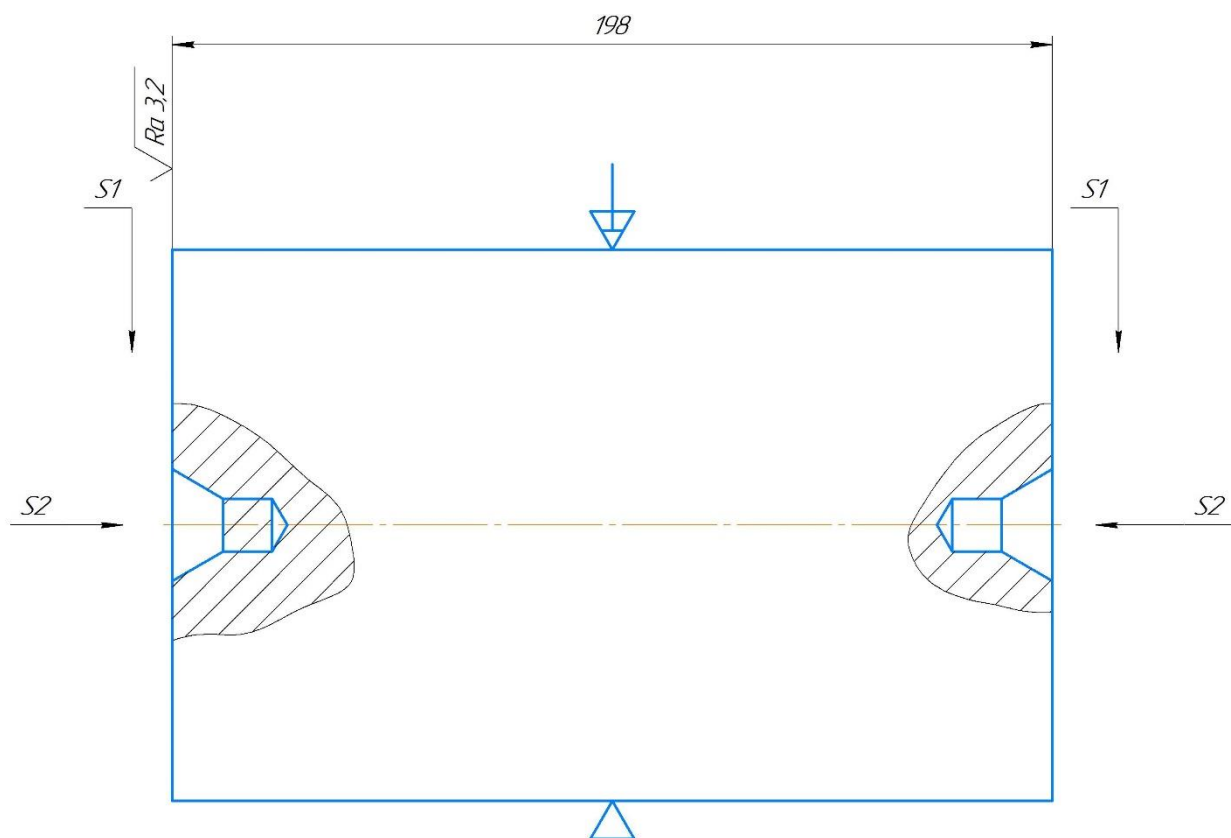


Рис 6.2

Операція 015 – Токарна

Обладнання – верстат 16K20

Різальний інструмент: різець токарний прохідний 2100-0011 T15K6 ГОСТ 18878-73, різець токарний різбовий 2660-0002 T15K6 ГОСТ 18885-73, різець фасонний призматичний.

Встановити, закріпити (Рис 6.3)

1. Точити начерно поверхню $\varnothing 125$ мм довжиною 148мм;
2. Точити начисто поверхню $\varnothing 86,8$ довжиною 148мм;
3. Проточити канавку шириною 5мм;
4. Нарізати різьбу довжиною 90мм;
5. Зняти фаску 2x45;

Зняти, повернути, встановити, закріпити (Рис 6.4)

6. Точити начерно поверхню $\varnothing 125$ мм, довжиною 50мм;
7. Точити начерно поверхню $\varnothing 120f7$, довжиною 50мм;
8. Проточити поверхню;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП61201.МА00.00.00 ПЗ

Лист

44

9. Зняти фаску 1,5x45.

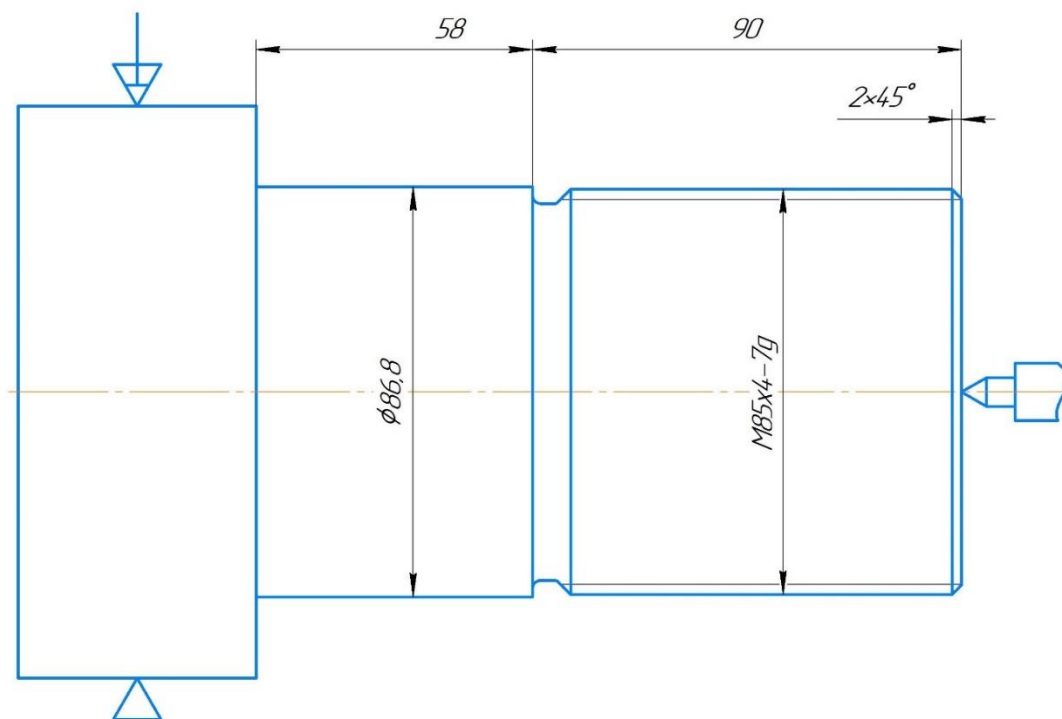


Рис 6.3

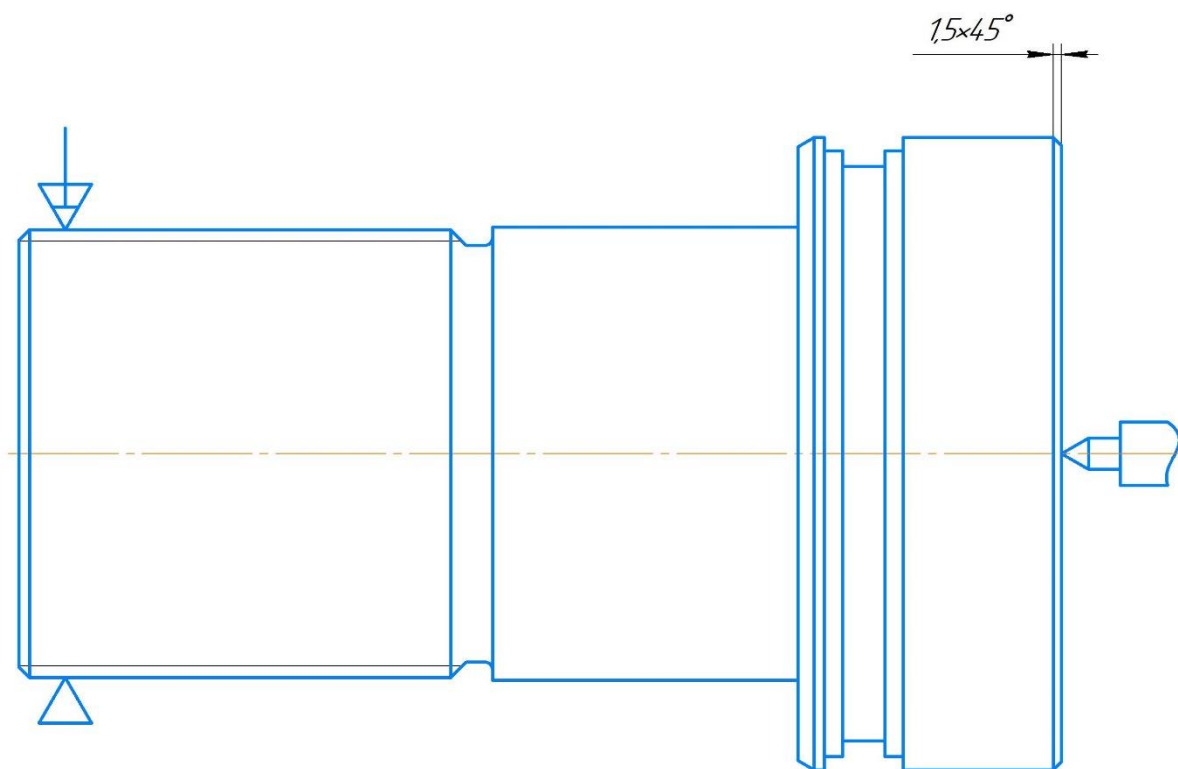


Рис 6.4

Операція 020 – Свердлильна

Обладнання: верстат 2М112, свердло $\phi 3,3$ 2300-0834 ГОСТ 19543-74.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП61201.МА00.00.00 ПЗ

Лист

45

Свердлити 2 отвори під різьбу.

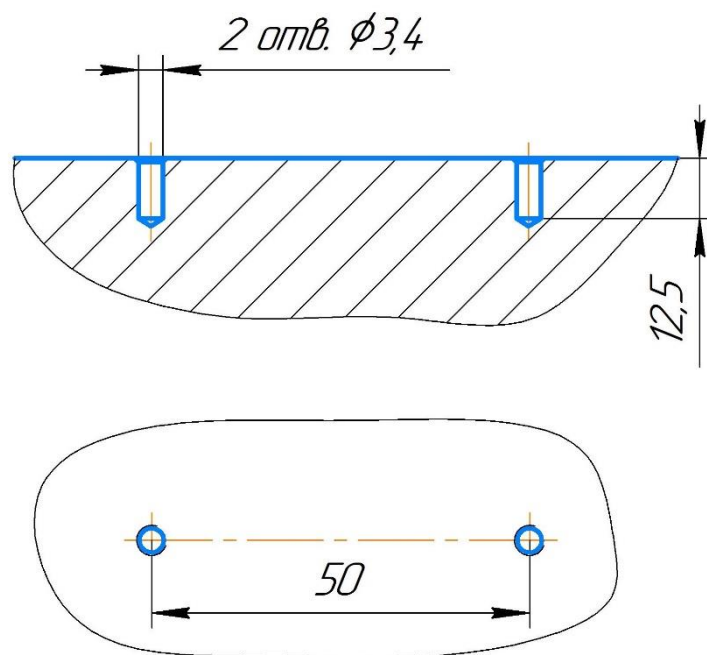


Рис 6.5

Операція 025 – Різьбонарізна

Обладнання – Верстат настільний різьбонарізний Universal TPM 12

Ріжучий інструмент – мечик M4x0,7 2620-1091 P6M5 ГОСТ 3266-81

Нарізати різьбу M4x0,7-7g в 2х отв. по чергово

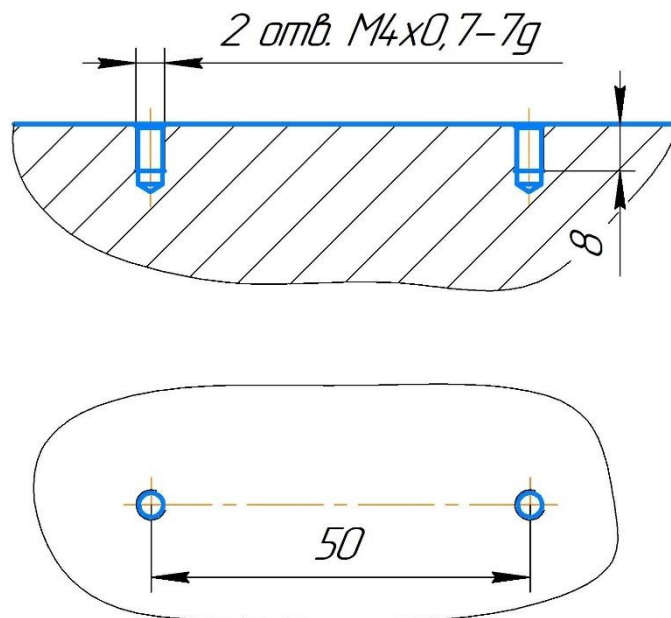


Рис 6.6

Операція 030 – Термічна

Загартувати поверхню Ø86,8, та Ø120 HRC55

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП61201.МА00.00.00 ПЗ

Лист

46

Обладнання – Піч камерна електрична спротиву СНЗ-2,5.5.1.7

Допоміжне обладнання – корзина, захват, вантажопідіймник, контрольно-вимірювальні прилади, твердоміри.

Операція 035 – Шліфувальна

Обладнання – Круглошліфувальний верстат 3М131

Ріжучий інструмент – Абразивний круг (А) 400х60х20х5 ГОСТ 17123-79

Шліфувати поверхню $\varnothing 86f7$ довжиною 58мм

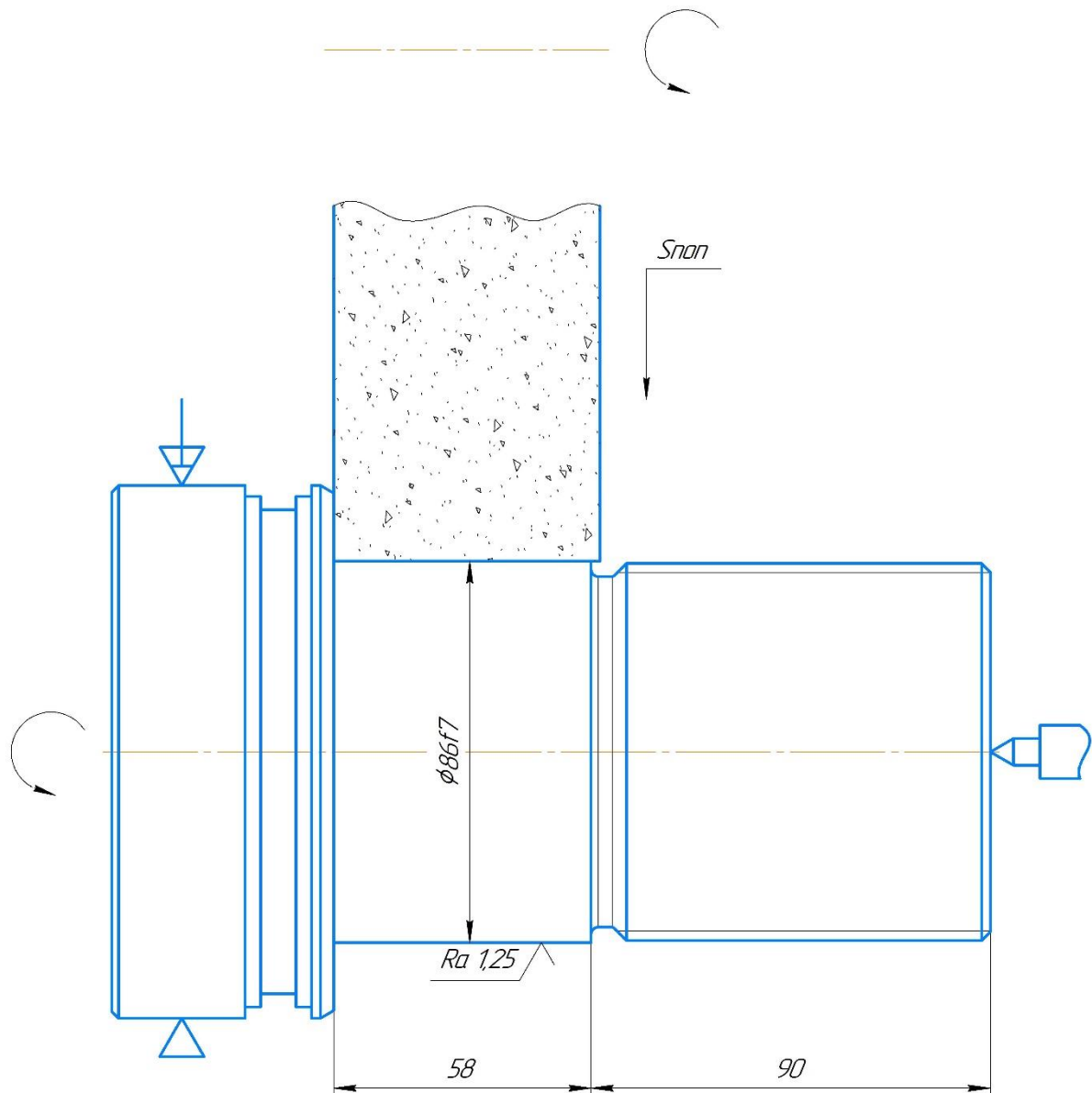


Рис 6.7

Операція 040 – Мийна

Обладнання – Мийна машина

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

Операція 045 – Контрольна

Обладнання – Контрольний стіл

Перевірка усіх розмірів.

6.4. ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

Під час роботи над розділом «Технології машинобудування» було визначено технологію виготовлення деталі Плунжер верхній, підібрано інструмент, а також було визначено спосіб отримання заготовки та складено техпроцес з послідовністю операцій

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
						48
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Питання організації охорони праці, пожежної безпеки, дотримання санітарно-гігієнічних норм та режиму роботи розглянемо на прикладі робочого місця студента при підготовці дипломного проекту. Для підготовки цього дипломного проекту було використано ПК розташований в офісному приміщенні, на третьому поверсі дев'яти поверхової житлової споруди. Основними шкідливими виробничими факторами, при тривалій роботі за ПК, є вимушена поза, навантаження на органи зору, невідповідне освітлення, електромагнітні випромінювання, несприятливі кліматичні умови, небезпека ураження електричним струмом, пожежі, тощо.

7.1. ОПИС ПРИМІЩЕННЯ

Робочі місця офісних працівників, обладнані персональними комп'ютерами, повинні відповідати вимогам «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», затверджених Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010 року № 65, та «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 № 7 (ДСанПіН 3.3.2-007- 98).

Як було зазначено вище, для підготовки проекту було обране офісне приміщення на третьому поверсі дев'яти поверхової споруди, з розмірами 4м на 4,2м, висотою стелі 2,7м, з великим вікном(площею близько 7,5 м²) в якому розміщено два робочих місця операторів ПК. Вікно розташоване зліва від мого робочого столу, що є перевагою, та має жалюзі. Площа вказаного приміщення становить $4 \times 4,2 = 16,8 \text{ м}^2$, а об'єм $4 \times 4,2 \times 2,7 = 45,63 \text{ м}^3$, що перевищує мінімальні встановлені норми площі 6м² та об'єму в 20м³ на одне робоче місце.

Будівля та приміщення, де розміщені робочі місця, відповідають вимогам нормативно-технічної та експлуатаційної документації виробника персональних комп'ютерів ДСанПіН 3.3.2-007-98 та Правил. Будівлі та

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		49

приміщення мають другий ступінь вогнестійкості. Для всіх приміщень, де знаходяться робочі місця, визначено клас зони згідно з НПАОП 40.1-1.01-97. Відповідне позначення нанесено на вхідних дверях кожного приміщення. Для внутрішнього оздоблення приміщення використано дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття стелі 0,7, стін 0,5. Покриття підлоги є матовим з коефіцієнтом відбиття 0,3. Поверхня підлоги рівна, неслизька, з антистатичними властивостями. Вологе прибирання виконується щоденно

7.2. ОСВІТЛЕННЯ

Умови праці – це сукупність елементів виробничого середовища, які впливають на функціональний стан людини. Сприятливими вважаються такі умови праці, коли сукупність елементів, що їх утворюють, впливає на людину і сприяє духовому і фізичному розвитку особистості, формування творчого ставлення до праці, почуття задоволеності, високої працездатності. Несприятливі умови праці спричиняють передчасну втому, яка знижує можливості людини і може призвести до хворобливого стану.

Найважливішими елементами умов праці є освітленість, стан повітряного середовища (температура, вологість, рухливість і чистота повітря), шум, вібрація.

Освітлення. Правильно спроектоване й виконане виробниче освітлення поліпшує умови зорової роботи, знижує стомлюваність, сприяє підвищенню продуктивності праці, позитивно впливає на виробниче середовище. Недостатність освітлення приводить до напруги зору, послабляє увагу, приводить до настання передчасної втоми. Надмірно яскраве освітлення викликає осліплення, роздратування й різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого. Існує три види освітлення - природне, штучне й сполучене (природне й штучне разом).

Освітленість поверхні екрану ПК повинна бути в межах 300 лк, а поверхні столу у зоні робочого документа – 300-500 лк (ДБН В.2.5-28:2018)[19]. Освітлення не повинно створювати відблисків на екрані. У робочому приміщенні використовується як і природне бокове освітлення (промені сонця

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
						50
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

потрапляють через вікно), так і штучне загальне освітлення за допомогою електричних джерел енергії - ламп. Виходячи з вищенаведеної інформації розрахуємо рівень освітленості робочого приміщення.

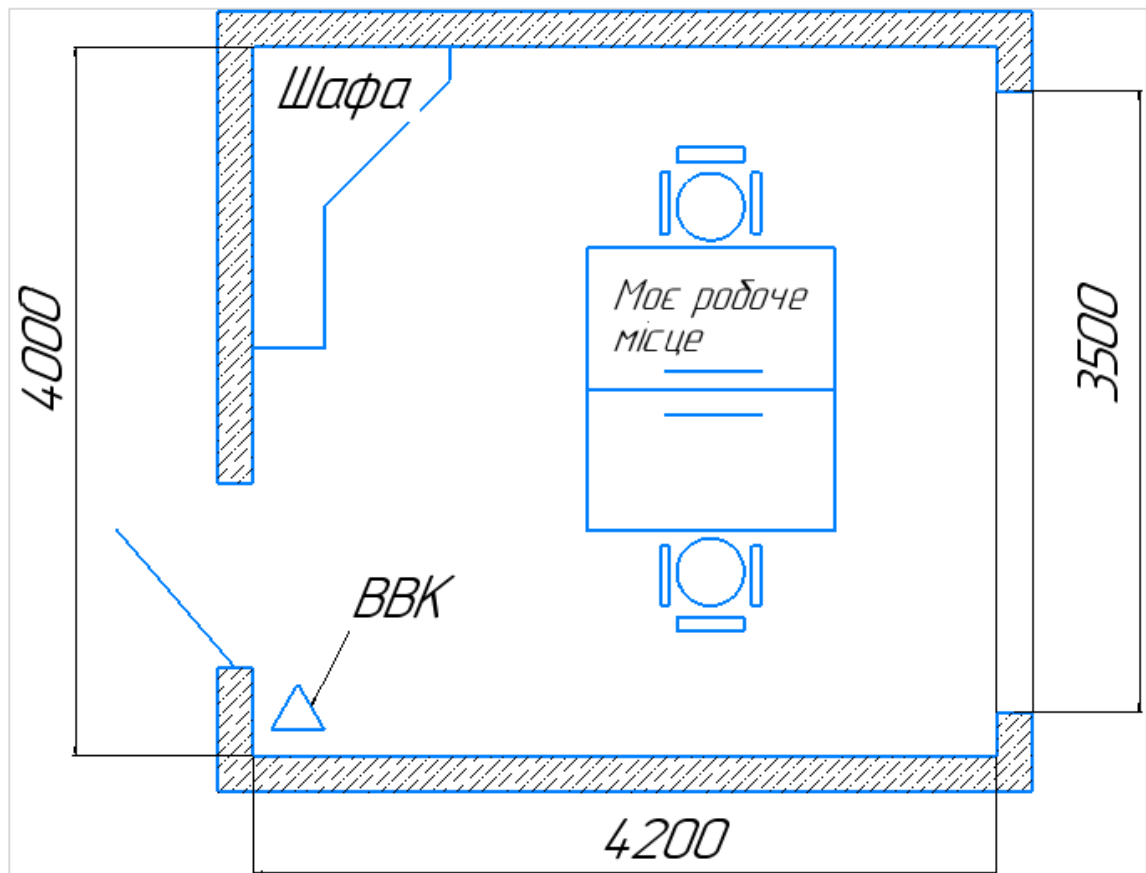


Рис 7.1. План приміщення

Розрахунок освітленості приміщення проведемо використовуючи метод світлового потоку. Маємо приміщення розмірами 4м*4,2м з висотою стелі 2,7м., наявним природнім боковим освітленням та джерелами штучного освітлення.

Світловий потік розраховуємо за формулою

$$E_{\phi} = \frac{F_{\lambda} N n \eta}{S k z z},$$

де F_{λ} – світловий потік лампи, $Лм$. У нашому випадку $F_{\lambda} = 2100 лк$;

N – кількість світильників, *од*, у нашому приміщенні 4 *од*;

n – кількість ламп у світильнику, *од*, у нашому випадку 4 *од*;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП61201.МА00.00.00 ПЗ

Лист

51

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

S – площа освітлювального приміщення, m^2 . У нашому випадку $16,8m^2$;

k_3 – коефіцієнт запасу, враховує зниження світлового потоку внаслідок забруднення світильників під час експлуатації. Визначається із таблиці коефіцієнтів запасу відповідно до типу приміщення, у нашому випадку $k_3=1,5$;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості, характеризує нерівномірність освітлення, приймаємо $z=1,1$.

Для визначення коефіцієнту η необхідно розрахувати індекс приміщення i за формулою:

$$i = \frac{S}{h(A+B)},$$

де S – площа приміщення, $S=16,8m^2$;

h – розрахункова висота підвісу, $h=1,9m$;

A – ширина приміщення, $A=4m$;

B – довжина приміщення, $B=4,2m$.

Отже
$$i = \frac{16,8}{1,9(4+4,2)} = 1,08$$

Знаючи індекс приміщення i , за таблицею визначаємо $\eta = 0,4$.

Для визначення світлового потоку скористаємося формулою, підставивши значення:

$$E_{\phi} = \frac{2100 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 0,4}{16,8 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 484,8 \text{ лк}$$

Світловий потік у нашому випадку становить 484,8лк, це свідчить що приміщення освітлюється достатньо.

7.3 МІКРОКЛІМАТ

У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря у відповідності до ГОСТ 12.1.005-88, ДСН 3.3.6.042-99.

Проведемо аналіз оптимальних та фактичних параметрів мікроклімату, нашого приміщення, враховуючи що робота на ПК відноситься до категорії

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

Легка Іа. (Легка Іа - легкі фізичні роботи при яких витрата енергії становить 141-175 Вт або 121-150 ккал/год)

Період року	Параметр мікроклімату	Значення	
		Оптимальне	Фактичне
Теплий	Температура повітря в приміщенні, °С	23-25	24-26
	Відносна вологість, %	40-60	48
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,1
Холодний	Температура повітря в приміщенні, °С	22-24	19-21
	Відносна вологість, %	40-60	52
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,1

Як бачимо з наведених даних, температура в приміщенні, в холодну пору року, не є достатньою, саме тому наше приміщення обладнане централізованим опаленням, системами природньої та штучної вентиляції, а також спліт-системою, що забезпечує можливість регулювання мікроклімату.

Як правило, роботу працівників з ПК пов'язують зі шкідливим впливом електромагнітних полів. Це мало місце при використанні моніторів з електронно променевою трубкою. У сучасних комп'ютерах використовуються рідкокристалічні монітори, тому вплив електромагнітного поля практично відсутній. Наявним залишається електростатичне поле на поверхні монітору та клавіатурі. Напруженість електростатичного поля, на сучасному обладнанні значно нижче встановлених допустимих значень (150 В/см). Рівень напруженості електростатичного поля залежить від вологості повітря та запиленості, саме тому вологе прибирання приміщення виконується щодня, а провітрювання виконується двічі на день – зранку та під час обідньої перерви.

В офісному приміщенні що використовується для підготовки проекту встановлено сучасні ПК, з практично безшумною роботою системи охолодження процесора та відео карти, вікна та двері виготовленні за сучасними енергозберігаючими та шум поглинаючими технологіями, тому рівень шуму є досить низьким, умови праці є комфортними.

7.4. ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей (живої природи) від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Тобто електробезпека — це відсутність будь-яких факторів з боку електроустановки, які можуть створити загрозу і небезпеку життю і здоров'ю людини. Не варто під терміном «електроустановка» розуміти щось таке, що може знаходитись поза межами офісу. Адже, наприклад, настільна лампа це також електроустановка. Тобто пристрій, в якому є перетворення електричної енергії в той чи інший вид енергії (світлову, механічну, теплову), і буде вважатись електроустановкою. Заходи щодо виконання вимог електробезпеки офісних працівників регламентовані Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів, що затверджені наказом Міністерства палива та енергетики України від 25 липня 2006 р. № 258.

У приміщенні що використовується для підготовки проекту використовується електрична енергія змінного струму, напругою 220В, силою струму до 5 А, та частотою в 50Гц. Електросистема розподілена за двома напрямками, та що забезпечує живленням прилади освітлення, та система живлення побутового обладнання і ПК. Кожен з напрямків має запобіжник, що має захист за тепловими параметрами та силою струму, окрім того в доступному місці встановлено аварійний резервний вимикач. Заземлення електричного щита виконано із заземленою нейтраллю, а розетки - з захисним зануленням. В приміщенні розташовані два ПК, кожен з них підключений до окремої розетки, гнучкі проводи прокладені коротким шляхом, закріпленні та мають відповідну ізоляцію.

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		54

7.5. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

Основними напрямками забезпечення пожежної безпеки є усунення умов виникнення пожежі та мінімізації її наслідків. Об'єкти повинні мати системи пожежної безпеки, спрямовані на запобігання пожежі, її дії на людей та матеріальні цінності.

Приміщення, що використовується для підготовки дипломного проекту, відноситься до категорії В. Меблі та двері, встановленні в приміщенні, виготовленні з МДФ, вікна з металопластику, корпуса ПК та приладів з металу та полімерних матеріалів. Будівля відповідає II ступені вогнестійкості (ДБН В.1.1.7-2016), що передбачає час опору вогню для несучих стін, стін сходових кліток, колон – 2 год., сходові клітки, сходи, балкони, марші у сходових клітках – 1 год., зовнішні стіни навісних панелей – 0,25 год., зовнішні і внутрішні стіни (перегородки) – 0,25 год., плити і настили конструкцій міжповерхових перекриттів – 0,75 год., плити, настилів та інші несучі конструкції – 0,25 год.

Вибір типу та необхідна кількість вогнегасників визначається відповідно до **Типових норм належності вогнегасників**, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 2 квітня 2004 р. № 151. Для нашого приміщення встановлено ВВК-2(старе позначення ОУ-3), крім того приміщення обладнане системою пожежної сигналізації з підключенням до пульту ДСНС.

Обов'язковою вимогою є відключення від електричної мережі електроприладів, в тому числі освітлювальних приладів в кінці робочого дня.

7.6. ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

На основі державних нормативно-правових актів, рекомендацій, результатів проведених досліджень та спостережень було вивчено питання організації робочого місця оператора ПК, встановлено шкідливі та небезпечні фактори. В розділі було досить детально розглянуте приміщення для

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

підготовки дипломного проекту, проведено розрахунки освітлення, аналіз кліматичних умов. Проведено аналіз наявних умов праці, розроблено заходи для мінімізації дії шкідливих та небезпечних факторів, обрано оптимальний режим роботи.

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
						56
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ВИСНОВОК

Під час роботи над проектом було розглянуто методи затяжки різних з'єднань. Окрему увагу приділено методу осьової витяжки, а саме таким інструментам як гідравлічна гайка та тензорний домкрат. Проведено аналіз характеристик інструментів та вимог до їх використання. За результатами аналізу існуючих конструкцій тензорного домкрату, було сконструйовано концепт альтернативної конструкції, яка б вирішувала частину проблем наявних в пристроях, що представлені на ринку інструментів.

Відповідно до поставленої задачі, нами запропоновано конструкцію пристрою, для якої було розраховано ключові геометричні параметри, проведено міцнісні розрахунки, було підібрано гідравлічну апаратуру, й розраховано гідравлічні втрати. Елементи конструкції підібрано із урахування коефіцієнту запасу, а матеріали, з яких виконано деталі, широко використовуються в машинобудуванні. При виборі, сталі не останнє місце посідала ціна й масовість марки. Навіть зважаючи на все вищесказане, нам вдалось перевиконати поставлену задачу й отримати діаметр корпусу тензорного домкрату $\varnothing 172\text{мм}$, при поставленій задачі в $\varnothing 180\text{мм}$. Це не межа, адже при використанні кращих сталей, з подальшою їх термічною обробкою, реально досягати значно кращих результатів. Також нами було частково вирішено проблему високого тиску. Абсолютна більшість пристроїв потребують насосної станції, що розрахована на тиск 150МПа . Цю проблему нам також вдалось частково вирішити за рахунок використання гідравлічного мультиплікатора тиску, який дав змогу зменшити ділянку трубопроводу, що проходить під надвисоким тиском.

В цілому, ідея тензорного домкрату з двома порожнинами вийшла життєздатною, але вона потребує проходження випробувань конструкції експериментального зразка, що реалізовано в металі

В межах дипломного проекту виконано розробку технологічного процесу виготовлення деталі «Плунжер верхній», а також прописано розділ «Охорона праці», в якому було визначено загальний мікроклімат, було

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

розраховано освітлення, а також проведено аналіз пожежобезпеки мого
робочого місця, де виконувався дипломний проект.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ресурс Вікіпедія. Трубопровід. (Дата звернення 28.04.2020)
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D1%83%D0%B1%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4>
2. Едигаров С.Г., Михайлов В.М., Прохоров А.Д., Юфин В.А. Проектирование и эксплуатация нефтебаз. - М.: Недра, 1982.
3. Коптева В.Б. Справочник по подбору фланцевых соединений – ФГБОУ ВПО «ТГТУ» 2011
4. Дроздов М.В., ООО «Инженерный Союз». Предварительная затяжка шпилек для фланцевых соединений. Дата публикации: 8 февраля 2011.
5. Ресурс https://studbooks.net/2526278/tovarovedenie/raschyotnaya_chast (дата звернення 17.05.2020)
6. Ресурс <https://www.enerprom.ru/cat/34> (дата звернення 01.06.2020)
7. Ресурс http://www.kamasa.su/stati/dinametriceskiy_klyuch.html (Дата звернення 01.06.20200)
8. Ресурс <https://licota.com.ua/ruchnoj-instrument/dinametriceskij-instrument-i-reduktory/reduktory-usiliteli-krutyashego-momenta/aqmt-pn48270-licota> (Дата звернення 01.06.2020)
9. Ресурс <https://techno-spb.ru/instrument-dlya-rezbovyh-soedinenij/gidrogajki.html> (Дата звернення 03.06.2020)
10. Ресурс https://smetiz.ru/technical/carving_connections/method_axial_extract (Дата звернення 03.06.2020)
11. Ресурс <http://www.hydro-pnevmo.ru/topic.php?ID=210> (Дата звернення 03.06.2020)
12. Ресурс <https://www.minibooster.com/m-hc7/> (Дата звернення 28.05.2020)
13. Ресурс <https://www.enerprom.ru/prod/498> (Дата звернення 22.05.2020)
14. Финкельштейн З. Л. Расчёт, проектирование и эксплуатация объёмного гидропривода : учеб. пособие / З. Л. Финкельштейн, О. М. Яхно, В. Г. Чебан, З. Я. Лурье, И. А. Чекмасова; Нац. техн. ун-т Украины "КПИ". - К., 2006. - 216 с. - рус.

- 15.Каталог мастил <https://www.valvoline.com/ru-ru> (Дата звернення 01.06.2020)
- 16.Федорець О.О., Саленко О.Ф. Гідравліка, гідро- та пневмопривод: підручник для студ. вищ. навч. закл. / за ред. О.О. Федорця, О.Ф. Саленка. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ : Знання, 2009. – 502 с.
- 17.Закон України Про охорону праці введений в дію Постановою ВР № 2695-ХІІ від 14.10.92, ВВР, 1992, № 49, ст.669 зі змінами та доповненнями
- 18.Закон України «Про охорону праці» від 14.10.92 р. № 2694-ХІІ
- 19.Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99

					ДП61201.МА00.00.00 ПЗ	Лист
						60
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток 1. Таблиця розрахунку кріпильних елементів фланця із шийкою по ГОСТ 12821-01 та плоского фланця по ГОСТ 12820-01

Ду фланца, мм	Р фланца атм.	Фланцы воротниковые по ГОСТ 12821-01		Фланцы плоские по ГОСТ 12820-01		
		количество отверстий во фланце	Шпилька ГОСТ 9066-75	количество отверстий во фланце	вариант крепления, с помощью:	
			1 шпилька 2 гайки		Шпилька 9066-75 1 шпилька 2 гайки	Болт ГОСТ 7798-70 1 болт 1 гайка
15	6	4	M10x60	4	M10x60	M10x40
	10	4	M12x65	4	M12x65	M12x50
	16	4	M12x70	4	M12x65	M12x50
	25	4	M12x75	4	M12x65	M12x50
	40	4	M12x75			
	63	4	M12x80			
	160	4	M12x80			
20	6	4	M10x60	4	M10x60	M10x40
	10	4	M12x70	4	M12x70	M12x50
	16	4	M12x70	4	M12x70	M12x50
	25	4	M12x75	4	M12x70	M12x50
	40	4	M12x75			
	63	4	M16x90			
	160	4	M16x100			
25	6	4	M10x65	4	M10x60	M10x40
	10	4	M12x70	4	M12x70	M12x50
	16	4	M12x70	4	M12x70	M12x50
	25	4	M12x75	4	M12x70	M12x50
	40	4	M12x75			
	63	4	M16x100			
	160	4	M16x100			
32	6	4	M12x70	4	M12x70	M12x50
	10	4	M16x80	4	M16x90	M16x60
	16	4	M16x80	4	M16x90	M16x60
	25	4	M16x90	4	M16x90	M16x60
	40	4	M16x90			
	63	4	M20x110			
	160	4	M20x110			
40	6	4	M12x70	4	M12x70	M12x50
	10	4	M16x80	4	M16x90	M16x60

	16	4	M16x80	4	M16x90	M16x60
	25	4	M16x90	4	M16x90	M16x80
	40	4	M16x90			
	63	4	M20x110			
	160	4	M20x120			
50	6	4	M12x70	4	M12x70	M12x50
	10	4	M16x80	4	M16x90	M16x60
	16	4	M16x80	4	M16x90	M16x80
	25	4	M16x90	4	M16x90	M16x80
	40	4	M16x90			
	63	4	M20x110			
	100	4	M24x120			
	160	4	M24x130			
65	6	4	M12x70	4	M12x70	M12x50
	10	4	M16x90	4	M16x90	M16x60
	16	4	M16x90	4	M16x90	M16x80
	25	8	M16x100	8	M16x90	M16x80
	40	8	M16x100			
	63	8	M20x120			
80	6	4	M16x80	4	M16x90	M16x60
	10	4	M16x90	4	M16x90	M16x60
	16	4	M16x90	4	M16x90	M16x80
	25	8	M16x100	8	M16x100	M16x80
	40	8	M16x100			
	63	8	M20x120			
100	6	4	M16x80	4	M16x90	M16x60
	10	8	M16x90	8	M16x90	M16x80
	16	8	M16x100	8	M16x100	M16x80
	25	8	M20x110	8	M20x110	M20x90
	40	8	M20x110			
	63	8	M24x130			
	100	8	M27x150			
	160	8	M27x160			
	200	8	M36x230			
125	6	8	M16x90	8	M16x90	M16x60
	10	8	M16x100	8	M16x90	M16x80
	16	8	M16x100	8	M16x100	M16x80
	25	8	M24x120	8	M24x140	M24x100
	40	8	M24x130			
	63	8	M27x150			
150	6	8	M16x90	8	M16x90	M16x60
	10	8	M20x110	8	M20x110	M20x90

	16	8	M20x110	8	M20x110	M20x90
	25	8	M24x130	8	M24x140	M24x100
	40	8	M24x130			
	63	8	M30x160			
	100	12	M30x180			
	160	12	M30x180			
200	6	8	M16x90	8	M16x90	M16x80
	10	8	M20x110	8	M20x110	M20x90
	16	12	M20x110	12	M20x110	M20x90
	25	12	M24x130	12	M24x140	M24x100
	40	12	M27x150			
	63	12	M30x170			
	100	12	M36x200			
	160	12	M36x220			
250	6	12	M16x90	12	M16x90	M16x80
	10	12	M20x110	12	M20x110	M20x90
	16	12	M24x120	12	M24x140	M24x100
	25	12	M27x140	12	M27x150	M27x110
	40	12	M30x160			
	63	12	M36x190			
	160	12	M36x230			
300	10	12	M20x120	12	M20x110	M20x90
	16	12	M24x130	12	M24x140	M24x100
	25	16	M27x150	16	M27x150	M27x110
	40	16	M30x180			
	63	16	M36x200			
	100	16	M42x250			
	160	16	M42x270			
350	6	12	M20x100	12	M20x110	M20x90
	10	16	M20x120	16	M20x110	M20x90
	16	16	M24x130	16	M24x140	M24x100
	25	16	M30x160	16	M30x180	M30x130
	40	16	M30x190			
	63	16	M36x220			
400	6	16	M20x100	16	M20x110	M20x90
	10	16	M24x120	16	M24x140	M24x100
	16	16	M27x150	16	M27x150	M27x110
	25	16	M30x170	16	M30x180	M30x130
	40	16	M36x210			
	63	16	M42x240			
	100	16	M48x290			
500	6	16	M20x100	16	M20x100	M20x90

	10	20	M24x130	20	M24x140	M24x100
	16	20	M30x170	20	M30x180	M30x130
	25	20	M36x190	20	M36x200	M36x150
	40	20	M42x230			
	63	20	M48x280			
600	6	20	M24x120	20	M24x140	M24x100
	10	20	M27x130	20	M27x150	M27x110
	16	20	M36x190	20	M36x200	M36x150
	25	20	M36x200	20	M36x200	M36x150
	40	20	M48x250			
	63	20	M52x280			
700	6	24	M24x110	24	M24x140	M24x100
	10	24	M27x140	24	M27x150	M27x110
	16	24	M36x190	24	M36x200	M36x150
	25	24	M42x220			
800	6	24	M27x120	24	M27x150	M27x110
	10	24	M30x150	24	M30x180	M30x130
	16	24	M36x190	24	M36x200	M36x150
	25	24	M42x230			
1000	6	28	M27x120	28	M27x150	M27x110
	10	28	M30x140	28	M30x180	M30x130
	16	28	M42x210			
	25	28	M52x250			
1200	10	32	M36x200			
	16	32	M48x250			
	25	32	M52x250			

Перв. примен.		Справ. №			Подп. и дата		Инв. № докл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.	
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание								
				Документация										
A1			ДП61201МА00.00.00 СК											
				Сборочные единицы										
A4		1	ДП61201МА00.00.10 СК	Цилиндр верхній	1									
A4		2	ДП61201МА00.00.20 СК	Цилиндр нижній	1									
				Детали										
A3		3	ДП61201МА00.00.01	Упор	1									
A3		4	ДП61201МА00.00.02	Плунжер верхній	1									
A2		5	ДП61201МА00.00.03	Плунжер нижній	1									
БК		6	ДП61201МА00.00.04	Кришка захисна	1									
				Стандартные изделия										
		11		Рим-болт М8 ГОСТ 4751-73	4									
		12		Винт М4-6dх8 ГОСТ 11644-75	2									
							ДП61201МА00.00.00							
Изм.			Лист	№ докум.		Подп.	Дата	Домкрат тензорний						
Разраб.			Богуславський О.В.											
Пров.			Костюк Д.В.											
Н.контр.														
Утв.														
							Лит.		Лист		Листов			
									1		2			

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

[illegible]